



**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas**

**TECNOLOGÍA INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA CON ALTA  
VELOCIDAD WIMAX (ESTÁNDARES IEEE 802.16X)**

**Magno Demetrio Orozco Granillo**  
Asesorado por el Ing. Calixto Monzón Pérez

Guatemala, febrero de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TECNOLOGÍA INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA CON  
ALTA VELOCIDAD WIMAX (ESTÁNDARES IEEE 802.16X)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**MAGNO DEMETRIO OROZCO GRANILLO**  
ASESORADO POR EL INGENIERO CALIXTO RAÚL MONZÓN PÉREZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj
EXAMINADOR	Ing. Marlon Antonio Pérez Turk
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Fernández Cáceres
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **TECNOLOGÍA INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA CON ALTA VELOCIDAD WIMAX (ESTÁNDARES IEEE 802.16X),**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, en enero de 2006.

Magno Demetrio Orozco Granillo

## **AGRADECIMIENTO A:**

<b>DIOS</b>	Por permitirme el regalo de la vida.
<b>MIS PADRES</b>	Por su apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida.
<b>MI ESPOSA E HIJOS</b>	Por su apoyo, amor y sobretodo paciencia y comprensión en los momentos difíciles de mi vida.
<b>MIS HERMANOS Y FAMILIARES</b>	Por su apoyo, cariño, tolerancia y consejos.
<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	Por haberme brindado la oportunidad de estudiar una carrera universitaria .
<b>AI ASESOR</b>	Ing. Calixto Monzón Pérez, por brindarme su asesoría en la realización de este trabajo de graduación.
<b>COMPAÑEROS Y AMIGOS</b>	Por brindarme su amistad y colaboración para la realización de una de mis metas.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **DIOS**

Por permitir este logro.

### **MIS PADRES**

Eleodora Granillo Rosales, que con todo mi amor y gratitud le dedico este triunfo.

### **MI AMADA ESPOSA**

Luz Elena Orozco, por su incansable ayuda, amor y paciencia.

### **MIS HIJOS**

Maria Rene, Alejandro y Gabriel, quienes representan mi fuerza y el amor de mi vida.

### **MIS HERMANOS**

Maria de los Angeles, Paty, Fredy y Aderly, porque siempre los llevo en mi corazón.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>IX</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>XIX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA WIMAX.....</b>	<b>1</b>
1.1. Qué es la tecnología inalámbrica de banda ancha WIMAX (Estándar IEEE 802.16X).....	1
1.2. ¿Tecnología Inalámbrica o móvil? .....	3
1.3. Redes Inalámbricas.....	3
1.4. Segmentos de uso de la Tecnología Inalámbrica.....	4
1.5. Comparación con otras Tecnologías inalámbricas.....	6
1.5.1. Banda Ultra ancha.....	6
1.5.2. WIFI .....	6
1.5.3. 3G.....	6
1.5.4. Rival UMTS (telefonía de tercera generación).....	8
1.5.5. WIMAX frente al cable y al ADSL.....	9
1.5.6. Operadoras.....	9
1.5.6.1. Sprint.....	9
<b>2. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX (ESTADARD IEEE 802.16X).....</b>	<b>11</b>
2.1. Comparación de la tecnología Inalámbrica WIFI vrs WIMAX (Estándar 802.16x).....	11
2.1.1. Backhaul inalámbrico en una red WI-FI.....	12

2.2.	Relación WIFI y WIMAX.....	13
	2.2.1. La utilización de ambas tecnologías es la mejor alternativa.....	14
2.3.	Relación de WIMAX y la tecnología Bluetooth.....	17
	2.3.1. Algo acerca de la Tecnología Bluetooth.....	18
2.4.	Tipos de Servicios de la Tecnología WIMAX.....	19
2.5.	Cobertura.....	19
2.6.	Bandas Y Espectro de Frecuencia.....	20
	2.6.1. Espectro de frecuencia sin licencia.....	22
	2.6.2. Espectro de frecuencia con licencia.....	24
	2.6.2.1. 2.5GHz.....	24
	2.6.2.2. 3.5GHz.....	25
	2.6.2.3. 700GHz.....	26
	2.6.2.4. 2.3GHz.....	27
2.7.	Espectro de Transmisión y Velocidad.....	27
	2.7.1. Canal Flexible.....	28
2.8.	Seguridad.....	29
2.9.	Limites y Alcances.....	29
2.10.	Modulación.....	30
	2.10.1. Subcanalización.....	32
	2.10.2. Duplexación.....	32
2.11.	Otras.....	35
2.12.	Proveedores.....	38
	2.10.1. Intel.....	38
	2.10.2. Nortel Network.....	42
	2.10.3. WIMAX Forum.....	43
	2.10.4. Motorola.....	44
<b>3.</b>	<b>ESTANDARIZACIÓN.....</b>	<b>45</b>
3.1.	Historia de la Estandarización de la	



Tecnología WIMAX.....	45
3.1.1. IEEE 802.16-2004.....	46
3.1.2. IEEE 802.16e.....	48
3.1.3. WiBro.....	49
3.2. Visión y Misión de los proveedores de WIMAX.....	50
3.2.1. Visión.....	50
3.2.2. Misión.....	50
3.3. Objetivos de los proveedores de la tecnología WIMAX.....	51
3.3.1. Objetivos generales.....	51
3.3.2. Objetivos específicos.....	51
3.3.3. Objetivos en materia de telecomunicaciones de la Tecnología WIMAX.....	52
3.4. ¿Quién está tras WIMAX? .....	52
3.5. ¿De qué se trata WIMAX?.....	53
3.6. Ventajas.....	53
3.6.1. Generales.....	53
3.6.2. Para los operadores.....	54
3.6.3. Para los mercados emergentes.....	55
3.6.4. Para grandes empresas.....	55
3.6.5. Para usuarios finales.....	56
3.7. Desventajas.....	57
3.8. Aspectos Económicos, Técnicos de la tecnología WIMAX.....	57
3.8.1. Aspectos Económicos.....	57
3.8.2. Costos.....	58
3.8.3. Aspectos Técnicos.....	60
3.8.4. Desafíos técnicos y comerciales.....	60
3.9. Hardware y software que utiliza WIMAX .....	61
3.9.1. Antenas Inteligentes (smart antenas).....	61

3.9.2.	Redes malladas (mesh networks).....	63
3.9.3.	La interfaz de banda ancha Intel PRO/Wireless 5116 (Rosedale).....	63
3.10.	Medios de Acceso de la tecnología WIMAX.....	65
3.10.1.	Tarjeta para estaciones base WIMAX.....	64
3.11.	Tratamiento de los Problemas de Interferencia y Calidad de Servicio.....	66
3.12.	El futuro de WIMAX.....	70
<b>4.</b>	<b>APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA WIMAX.....</b>	<b>73</b>
4.1.	Beneficios de WIMAX a los países en desarrollo.....	73
4.2.	Aplicaciones para la Educación en los Países en Desarrollo...	74
4.3.	Aplicaciones para la Agricultura y Servicios Médicos.....	75
4.4.	Aplicaciones en América Latina .....	75
4.5.	Aplicaciones en Europa.....	81
4.6.	Aplicaciones Generales.....	82
4.6.1.	Microsoft quiere integrar WIMAX en Windows.....	82
4.6.2.	WIMAX + Linux = Éxito seguro.....	82
4.6.3.	Samsung presenta una PDA con WIMAX.....	82
4.6.4.	WIMAX se plantea como alternativa para conectar los automóviles a Internet.....	83
4.6.5.	Otras.....	84
4.7.	El silencio WIMAX.....	86
<b>5.</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE MEJORAMIENTO CONTINUO EN UNA EMPRESA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA WIMAX.....</b>	<b>87</b>
5.1.	Creación o revisión de estrategias del negocio.....	88
5.2.	Posicionamiento competitivo.....	88
5.2.1	Descripción del triangulo de posicionamiento competitivo.....	89
5.3.	Crecimiento.....	90
5.4.	Diseño e implantación de aplicaciones empresariales.....	90

5.4.1. Adopción de una Solución WIMAX.....	92
5.4.2. Soluciones Exentas de Licencia: ventajas y usos.....	94
5.4.3. Instalación de Soluciones WIMAX Exentas de Licencia.	97
5.4.4. Desafíos de la Instalación de una Solución WIMAX Exenta de Licencia .....	98
5.4.5. Resolución de los Desafíos de la Instalación de una Solución WIMAX Exenta de Licencia.....	102
5.4.6. Sincronización de señales con otros proveedores.....	104
5.4.7. Coexistencia con otras Redes Inalámbricas Exentas de Licencia.....	105
5.4.8. Mejora de Instalaciones WIMAX Exentas de Licencia Usando Técnicas de Antenas.....	106
5.4.9. Soluciones con Licencia: ventajas y usos.....	110
5.4.10. Diseño de Arquitectura de sistemas y procesos.....	111
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>117</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>123</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>125</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Segmentos objetivos de tecnología inalámbrica.....	5
2.	Arquitectura de WIMAX con WIFI.....	14
3.	Extensión de WIFI por medio de WIMAX.....	16
4.	Características de soluciones de acceso para áreas metropolitana WIMAX y Wi-Fi.....	17
5.	Diferencias OFDM WIMAX Vrs WIFI.....	31
6.	Diversidad de Transmisión en OFDM.....	32
7.	Comparación de TDD y FDD.....	34
8.	Evolución de WIMAX.....	42
9.	Versiones de WIMAX.....	46
10.	Topología de la red de WIMAX de los servicios para el usuario.....	57
11.	Antena Inteligente WIMAX.....	63
12.	Base o Terminal de WIMAX.....	65
13.	Mejora de la flexibilidad usando tecnología de canalización y de antenas inteligentes.....	69
14.	PDA con tecnología WIMAX.....	83
15.	Modelo de Mejoramiento continuo con tecnología WIMAX.....	87
16.	Triángulo de posicionamiento competitivo del modelo Delta.....	88
17.	Red de retorno ( <i>Backhaul</i> ) WIMAX para arquitectura malla WIFI....	92
18.	Instalación fija de WIMAX y modelos de uso.....	98
19.	Soluciones exentas de licencia implementadas con proximidad mutua.....	99

20.	Solución WIMAX exenta de licencia instalada correctamente.....	102
21.	Competencia con las otras redes inalámbricas.....	106
22.	Implementación de un sistema de administración del negocio BPM	113

## TABLAS

I	Tabla de Comparación WIMAX vrs 3G.....	7
II	Tabla de Comparación WIMAX vrs UMTS.....	8
III	Tabla de Comparación WIMAX vrs WIFI.....	12
IV	Tabla de Asignación mundial de bandas autorizadas, con licencia y exentas de licencia. ....	20
V	Bandas y frecuencias disponible para WIMAX.....	21
VI	Resumen de características generales de WIMAX.....	36

## GLOSARIO

<b>AAS</b>	<i>Adaptive Antenna System</i> (Sistema Adaptativo de Antena)
<b>AES</b>	<i>Advanced Encryption Standard</i> ( Encriptación avanzada de datos)
<b>AP</b>	<i>Point Access</i> (Punto de acceso)
<b>ARPU</b>	<i>Average Revenue per User</i> ( Ingreso promedio por usuario)
<b>ARQ</b>	<i>Automatic Repeat Request</i> (Solicitud Automática de repetición)
<b>BPSK</b>	<i>Binary Phase Shift Keying</i> (Transmisión por desplazamiento de fase binaria)
<b>BRS</b>	<i>Broadband Radio Service</i> (Servicio de radio de banda ancha)
<b>CAPEX</b>	<i>Capital Expenditure</i> (Gastos de capital)
<b>CLEC</b>	<i>Competitive Local Exchange Carrier</i> (Operadora de cambio local Competitiva)
<b>CPE</b>	<i>Customer Premise Equipment</i> (Equipo de las instalaciones del cliente)
<b>CSMA/CA</b>	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance</i> ( acceso múltiple con detección de portadora y prevención de colisiones)
<b>CSMA/ CD</b>	<i>Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance</i> (acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones)

<b>DFS</b>	<i>Dynamic Frequency Select</i> (Selección de frecuencia dinámica)
<b>DOCSIS</b>	<i>Data Over Cable Service Interface Specification</i> (Especificación de Interfaz de Datos sobre Servicios de Cable)
<b>DSL</b>	<i>Digital Subscriber Line</i> (Línea de abonado digital)
<b>DSSS</b>	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> (Espectro ensanchado por secuencia directa)
<b>ETRI</b>	<i>Electronics and Telecommunications Research Institute</i>
<b>ETSI</b>	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> (Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones)
<b>FBWA</b>	<i>Fixed Broadband Wireless Access</i> (Acceso fijo inalámbrico de banda ancha)
<b>FCC</b>	<i>Federal Communications Commission</i> (Comisión Federal de Comunicaciones)
<b>FDD</b>	<i>Frequency Division Duplexing</i> (Duplexación de división de frecuencia)
<b>FDM</b>	<i>Frequency Division Multiplexing</i> (Multiplexación por división de frecuencia)
<b>FEC</b>	<i>Forward Error Correction</i> (Corrección de Error Anticipado)
<b>FHSS</b>	<i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i> (Espectro de dispersión con salto de frecuencia)
<b>FLASH-OFDM</b>	<i>Fast Low-latency Access with Seamless Handoff OFDM</i> (Acceso rápido de baja latencia con OFDM de transferencia íntegra)
<b>FTTN</b>	<i>Fiber to the Node</i> (Fibra al nodo)



<b>FTTP</b>	<i>Fiber to the Premise</i> ( Fibra a las instalaciones)
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning Systems</i> (Sistema de posicionamiento global)
<b>HPi</b>	<i>High Speed Portable Internet</i> (Internet Portable de alta Velocidad)
<b>IEEE</b>	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)
<b>ILEC</b>	<i>Incumbent Local Exchange Carrier</i> (Operadora local de intercambio)
<b>IP</b>	<i>Internet Protocolo</i> (Protocolo de Internet)
<b>ISP</b>	<i>Internet Service Provider</i> (Proveedor de servicio de Internet)
<b>LAN</b>	<i>Local Access Network</i> (Red de Acceso Local)
<b>LMDS</b>	<i>Local Multipoint Distribution System</i> (Sistema Distribuido Local de Múltiples puntos)
<b>LOS</b>	<i>Line of Sight</i> (Línea de vista)
<b>MAC</b>	<i>Media Access Control</i> (Control de acceso al medio)
<b>MAN</b>	<i>Metropolitan Access Network</i> (Red de Acceso Metropolitano)
<b>MIMO</b>	<i>Multiple Input Multiple Output</i> (Salida Múltiple Entrante Múltiple)
<b>MSO</b>	<i>Multiple Service Operator</i> (Operadora de servicios múltiples)
<b>NLOS</b>	<i>Non Line of Sight</i> (Sin línea de vista)

<b>OEM</b>	<i>Original Equipment Manufacturer</i> ( Fabricante de equipo original)
<b>OFDM</b>	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> (Multiplexación por división de frecuencia ortogonal)
<b>OFDMA</b>	<i>Orthogonal Frequency Division Multiple Access</i> (Acceso multiplexado por división de frecuencia ortogonal)
<b>OPEX</b>	<i>Operative Expenditure</i> (Gastos operativos)
<b>PAN</b>	<i>Personal Access Network</i> (Red de acceso Personal)
<b>P2P</b>	<i>Point to Point</i> (Punto a punto)
<b>PCMCIA</b>	<i>Personal Computer Memory Card International Association</i> (Asociación Internacional de Tarjetas de Memoria de Computadora Personal)
<b>PHY</b>	<i>Physical Layer</i> (Capa física)
<b>PMP</b>	<i>Point to Multipoint</i> (Punto a multipunto)
<b>POP</b>	<i>Point of Presence</i> (Punto de presencia)
<b>PTP</b>	<i>Point to Point</i> (Punto a punto)
<b>QAM</b>	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> (Modulación de amplitud de cuadratura)
<b>QoS</b>	<i>Quality of Service</i> (Calidad de servicio)
<b>QPSK</b>	<i>Quadrature Phase Shift Keying</i> (Transmisión por desplazamiento de fase de cuadratura)
<b>RF</b>	<i>Radio Frequency</i> (Frecuencia de radio)
<b>SME</b>	<i>Small to Medium Enterprise</i> (Pequeña y mediana empresa)

<b>SOHO</b>	<i>Small Office, Home Office</i> (Pequeña oficina, oficina en el hogar)
<b>SS</b>	<i>Suscriber Station</i> (Estación de abonado)
<b>TDD</b>	<i>Time Division Duplexing</i> (Dúplex por división de tiempo)
<b>UWB</b>	<i>Ultra Wide Band</i> (Banda ultra ancha)
<b>VoIP</b>	<i>Voice over IP</i> (Voz sobre Protocolo de Internet)
<b>WAN</b>	<i>Wide Area Network</i> (Red de áreas extensas)
<b>WIFI</b>	<i>Wireless Fidelity</i> (Fidelidad inalámbrica, se utiliza genéricamente cuando se habla a cualquier red 802.11, tanto 802.11b, 802.11a, banda dual, etc.)
<b>WISP</b>	<i>Wireless ISPs</i> (Proveedor de servicio inalámbrico de Internet)
<b>WLAN</b>	<i>Wireless Local Area Network</i> (Red inalámbrica local)
<b>WMAN</b>	<i>Wireless Metropolitan Area Network</i> (Red inalámbrica de áreas metropolitanas)
<b>WWAN</b>	<i>Wireless Wide Area Network</i> (Redes inalámbricas de áreas extensas)



## RESUMEN

WIMAX (*World Wide Interoperability for Microwave Access*) es el nombre que se le dio al conjunto de estándares 802.16x que comienza en estándares de interfaz aérea para sistemas fijos, hasta llegar a sistemas móviles de acceso inalámbrico de banda ancha. WIMAX es similar a WIFI, pero con mayor cobertura y ancho de banda.

Fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel comercial. Puede entregar todos los niveles de servicio necesarios para un Carrier dependiendo del contrato con el suscriptor, distintos servicios paquetizados como IP y Voz sobre IP (VoIP), así como servicios conmutados (TDM), E1s/T1s, voz tradicional (Clase-5), interconexiones ATM y Frame Relay [1].

Uno de los propósitos de WIMAX, es competir directamente con el ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), especialmente en el mercado de Internet por cable, a través de una sola torre de distribución ubicada a kilómetros del usuario final (hasta 50 kilómetros). WIMAX, pretende introducir servicios de acceso inalámbrico de banda ancha, de manera eficiente y a bajo costo. Proporcionará acceso a miles de usuarios en áreas rurales o metropolitanas con alta densidad demográfica. No requiere línea de vista, maneja tasas de transmisión de hasta 75 Mbps, cuenta con calidad de servicio, ofrece seguridad y opera en bandas con y sin licencia [1].

---

[1] Fuente: <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=31>

Una de las ventajas de esta tecnología inalámbrica, es que esta respalda por mas de 130 organizaciones, así como también: fabricantes de equipo y componentes, proveedores de servicio, desarrolladores de software, etc.

WIMAX está orientado tanto a los proveedores de servicio de Internet (ISP), como a los proveedores de servicio de Internet inalámbrico (WISP) y especialmente a los suscriptores finales. Los proveedores de esta tecnología, pretenden como negocio principal, proporcionar acceso a los ISP's, WISP's y operadoras telefónicas, para que éstos ofrezcan, alta velocidad con banda ancha a los clientes sin necesidad de tender cableado en la última milla.

La implementación de esta tecnología, en países en desarrollo, pero especialmente en los países tercermundistas, generara un gran avance o progreso tecnológico, ya que incentiva a inversionistas tanto locales, como internacionales, debido a que esta tecnología, tiene como ventaja competitiva el costo y beneficio, ya que con poca inversión, las nuevas operadores pueden proporcionar estos servicios inalámbricos fijos y posteriormente móviles. A si también para las operadoras existentes, ya que pueden migrar a esta tecnología y proporcionar así todos los servicios que esta tecnología ofrece.

WIMAX puede generar una ventaja competitiva en la industria inalámbrica, así como también valor agregado a los servicios existentes dentro de una operadora de telecomunicaciones, ya que por medio de esta se pueden alcanzar grandes distancias, por lo que se pueden buscar nuevos nichos o segmentos de mercado, como por ejemplo: aldeas lejanas en donde no existe ni siquiera una infraestructura de telecomunicaciones cableada.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluación de aspectos financieros, técnicos y legales de los nuevos estándares IEEE 802.16x de la tecnología inalámbrica de banda ancha con alta velocidad WIMAX. Sus características, ventajas y desventajas con las existentes, sus aplicaciones y contribución a corto y largo plazo a la industria mundial de la tecnología inalámbrica y especialmente a los países en desarrollo, a través de la visión y misión de las organizaciones que los respaldan, y los objetivos específicos como generales de las mismas.

### **Específicos**

1. Evaluar características cualitativas y cuantitativas de la tecnología Inalámbrica de banda ancha con alta velocidad WIMAX con las tecnologías existentes y las ventajas sobre la actual (WIFI).
2. Evaluación de costo / beneficio y contribución del nuevo estándar IEEE 802.16 de la tecnología inalámbrica de banda ancha con alta velocidad WIMAX a la industria mundial de la tecnología inalámbrica y a países en desarrollo.

3. Observar los objetivos de las organizaciones o empresas que lo respaldan y lo que estas pretenden alcanzar a largo plazo(visión) y como piensan realizarlo(misión).
  
4. Evaluar aspectos financieros, técnicos y legales del nuevo estándar IEEE 802.16 de la tecnología inalámbrica de banda ancha con alta velocidad WIMAX y tipos de servicios que esta tecnología ofrece a nivel general.



## INTRODUCCIÓN

La conectividad es vital para las empresas y la sociedad, por lo que la globalización y la *Internet* han creado un rápido crecimiento en las empresas relacionadas con la tecnología informática (cableada e inalámbrica), estos servicios como el Internet, redes virtuales privadas, etc. proporcionan un medio para que las personas estén en contacto a nivel empresarial a si como también entre amigos y familia por medio de correo electrónico, charlas de vídeo o sonido, y para navegar en Internet en busca de empleo y oportunidades académicas y de negocios.

Para lograr esta conectividad o comunicación óptima y segura y sobretodo más ergonómica y cómoda, sin tanto cableado se han creado diversas tecnologías inalámbricas, para satisfacer estos requerimientos, dentro de las mismas se puede mencionar a la tecnología WIMAX, la cual sigue obteniendo más apoyo de la industria, ya que provee acceso de banda ancha en regiones alejadas y partes del mundo en desarrollo donde el acceso básico de voz o banda ancha mediante un servicio de línea fija no es económicamente viable.

Además, WIMAX potencialmente puede usarse para proveer *backhaul* a redes celulares o puede usarse para mejorar en forma significativa el rendimiento de los puntos de acceso con redes inalámbricas locales con tecnología WIFI (*Wireless Fidelity*), aumentando el rendimiento de la red de *backhaul* y haciendo más fácil y económico desplegar WIFI.

Entre las ventajas competitivas que posee WIMAX, con respecto a las tecnologías inalámbricas existentes como WIFI y 3G, es que no solo las puede sustituir sino que también complementar, por ejemplo: se puede optimizar una red LAN (red de área local) con tecnología WIFI con una velocidad aproximada de 54 Mbps a 75 Mbps y una cobertura promedio de 350 metros a una cobertura hasta 50 kilómetros entre emisor y receptor, en pocas palabras con WIMAX, podemos convertir una red de área local a una red WAN( red de área metropolitana).

Con respecto a la tecnología 3G, actualmente posee una velocidad aproximada de 2 Mbps con una cobertura aproximada de 30 kilómetros entre emisor y receptor, por lo que WIMAX puede complementar en ambas características, ya que WIMAX proporciona una mayor velocidad y cobertura, pero lo más importante es que debido a su diversidad de estándares WIMAX, crea una ventaja competitiva a nivel de costo/beneficio, por tal motivo, operadores o empresas pueden migrar a esta tecnología.

La tecnología WIMAX se puede implementar con licencia y sin licencia, las cuales dependerá del país en que se desee implantar, por lo general, la licencia más común es la que se encuentra en un ancho de banda de 3.5 GHz, por medio de la cual se puede agregar otros servicios como VOIP, datos, etc.

Debido al crecimiento, a través del apoyo de muchas empresas de tecnología y sobretodo el fabricante Intel, esta tecnología puede llegar hacer el líder en la industria de las telecomunicaciones, ya que por medio de su ancho de banda, con esta se puede transmitir VOIP, video y datos, y su gran velocidad, cobertura y sobretodo bajos costos, toda empresa que opte por la misma tiene que invertir, analizar y evaluar todas las variables presentes en esta nueva tecnología.





# 1. INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA WIMAX

## 1.1. Qué es la tecnología inalámbrica de banda ancha WIMAX (Estándar IEEE 802.16)

Abreviatura de *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (interoperabilidad mundial para acceso por microondas), que describe una tecnología de conexión a banda ancha a través de ondas de radio con mayor alcance y confiabilidad que las actuales posibilidades.

Es una tecnología inalámbrica basada en estándares que ofrece conectividad de banda ancha de alta velocidad de última milla para hogares y empresas y para redes inalámbricas móviles. Esta tecnología está diseñada para redes de banda ancha WMAN (redes metropolitanas inalámbricas), y es promovida por todos los proveedores que forman parte de la industria inalámbrica WIMAX.

Esta tecnología contiene o está basada por un conjunto de estándares los cuales son identificados con el estándar general 802.16x, esta tecnología comienza desde los estándares de sistemas de banda ancha de acceso inalámbrico fijo, hasta los estándares móviles. WIMAX es similar a WIFI pero con mayor ancho de banda y cobertura. Esta tecnología puede sustituir a WIFI, pero lo que se pretende es que esta sea el complemento de esta, así como para otras tecnologías como la 3G.

Fue diseñado como una solución de última milla en redes metropolitanas (MAN) para prestar servicios a nivel comercial. Puede entregar todos los niveles de servicio necesarios para un carrier dependiendo del contrato con el suscriptor, distintos servicios paquetizados como IP y Voz sobre IP (VoIP), así como servicios conmutados (TDM), E1s/T1s, voz tradicional (Clase-5), interconexiones ATM y *Frame Relay* [1].

Uno de los propósitos de WIMAX, es competir directamente con el ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), especialmente en el mercado de el Internet por cable, a través de una sola torre de distribución ubicada a kilómetros del usuario final (hasta 50 kilómetros). WIMAX, pretende introducir servicios de acceso inalámbrico de banda ancha, de manera eficiente y a bajo costo. Proporcionará acceso a miles de usuarios en áreas rurales o metropolitanas con alta densidad demográfica. No requiere línea de vista, maneja tasas de transmisión de hasta 75 Mbps, cuenta con calidad de servicio, ofrece seguridad y opera en bandas con y sin licencia [1].

Una de las ventajas de esta tecnología inalámbrica es que está respalda por más de 130 organizaciones, así como también: fabricantes de equipo y componentes, proveedores de servicio, desarrolladores de software, etc.

WIMAX está orientado tanto a los proveedores de servicio de Internet (ISP), como a los proveedores de servicio de Internet inalámbrico (WISP) y especialmente a los suscriptores finales. Los proveedores de esta tecnología, pretenden como negocio principal, proporcionar acceso a los ISP's, WISP's y operadoras telefónicas, para que éstos ofrezcan, alta velocidad con banda ancha a los clientes sin necesidad de tender cableado en la última milla.

---

[1] Fuente: <http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=31>

## 1.2. ¿Tecnología Inalámbrica o móvil?

La definición a veces se presta a confusión. WIMAX no es exactamente una tecnología móvil de acceso a Internet, sino un reemplazo inalámbrico para los actuales sistemas de cable y suscriptores de líneas asimétricas digitales en sus siglas ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*). O sea, no está pensada únicamente para computadoras portátiles (*notebooks*) o dispositivos móviles, sino que la idea es que, en vez de seguir cableando las ciudades con todos los costos que ello involucra, se provea a los usuarios con un sistema de banda ancha más económico que la actual Internet satelital. WIMAX está considerada como una amenaza potencial para las redes celulares.

## 1.3. Redes inalámbricas

Son conexiones de computadoras mediante ondas de radio o luz Infrarroja, las redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar. Se pueden mezclar las redes inalámbricas y cableadas, de esta manera generar una "Red Híbrida", existen dos amplias categorías de redes Inalámbricas:

**De larga distancia:** estas son utilizadas para transmitir la información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad (mejor conocido como Redes de Área Metropolitana MAN) o hasta varios países circunvecinos; sus velocidades de transmisión son relativamente bajas, de 4.8 a 19.2 Kbps.

Existen dos tipos de redes de larga distancia: Redes de Conmutación de Paquetes (públicas y privadas) y Redes Telefónicas Celulares.

**De corta distancia:** estas son utilizadas principalmente en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios que no se

encuentran muy retirados entre si, con velocidades del orden de 280 Kbps hasta los 2 Mbps.

#### **1.4. Segmentos de uso de la Tecnología Inalámbrica**

Las tecnologías inalámbricas que existen actualmente, se basan en diferentes segmentos meta de mercado, dando como resultado las siguientes redes:

- Redes personales (PANs)
- Redes locales (LANs)
- Redes de áreas metropolitanas (MANs)
- Redes de áreas extensas (WANs)

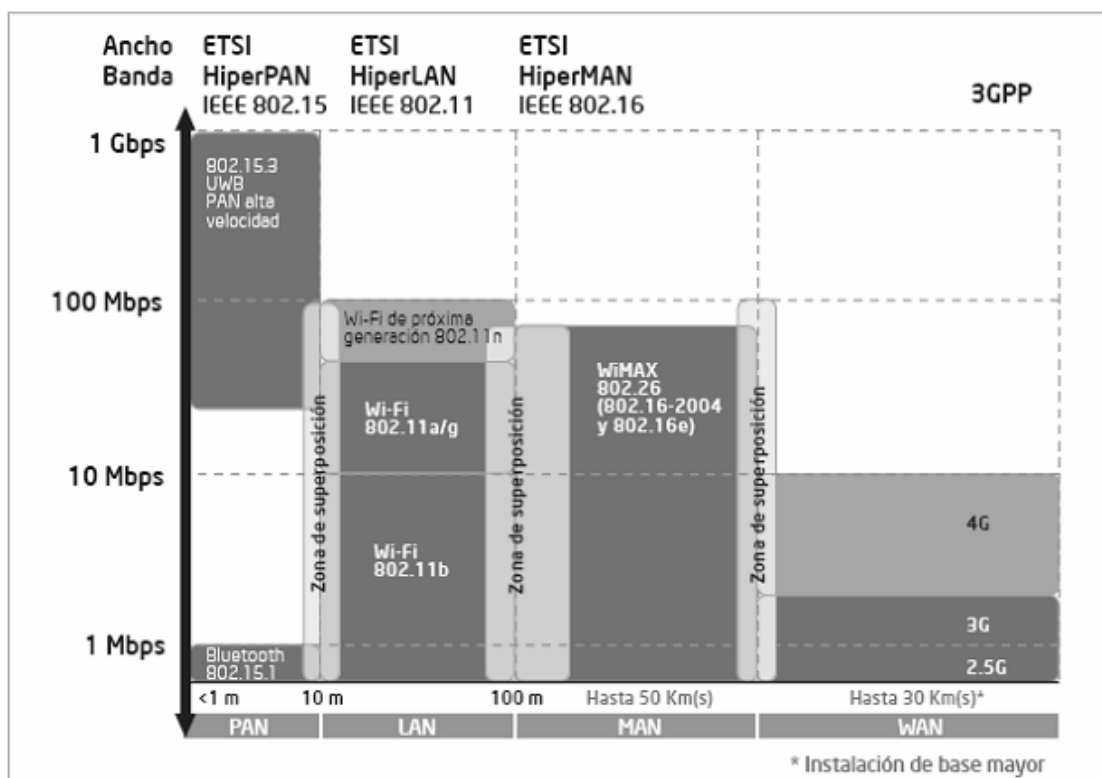
Las necesidades serán de acuerdo a los diferentes segmentos meta, entre las que podemos mencionar:

- Ancho de banda
- Distancia
- Energía
- Localización del usuario
- Servicios ofrecidos
- Propiedad de la red

Existen diferentes tecnologías inalámbricas de acuerdo a cada segmento, que se diferencian entre si de acuerdo a los servicios que estas proporcionan, como por ejemplo: Distancia, calidad de servicio, ancho de banda, etc. La figura 1 muestra las organizaciones de estándares inalámbricos junto a sus recursos (ancho de banda y distancia) mapeados para los cuatro segmentos de uso mencionados anteriormente.



Figura 1. Segmentos objetivo de tecnología inalámbrica



Las tres organizaciones de estándares en la Figura 1 son:

- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Third Generation Partnership Project (3GPP).

Los estándares IEEE y ETSI son interoperables y su enfoque primario son las redes inalámbricas basadas en paquetes. El estándar de 3GPP se enfoca en sistemas móviles celulares y de tercera generación [2].

[2]. Fuente: <http://www.slideshare.net/MAMOGU/como-entender-wimax-and-wifi/>

## **1.5. Comparación con otras Tecnologías inalámbricas**

### **1.5.1. Banda ultra ancha**

Son redes personales inalámbricas pequeñas (por sus siglas en inglés WPAN) ubicadas en un espacio delimitado, como un área de trabajo de una oficina o una habitación de la casa. Las tecnologías de banda ultra ancha (UWB), ofrecen a los usuarios de WPAN una conexión mucho más rápida en un espacio más corto, se encuentran actualmente en desarrollo.

La UWB es una tecnología de radio inalámbrica para la transmisión de datos entre dispositivos electrónicos de consumo, periféricos de PC (computadora personal) y dispositivos móviles, dentro de un ámbito determinado y limitado, a muy alta velocidad y con un consumo reducido de energía.

### **1.5.2. WIFI**

Son redes locales inalámbricas (por sus siglas en inglés WLAN) disponen de un alcance más amplio que las WPAN, normalmente se ubican en edificios de oficinas, restaurantes, tiendas, casas, etc. Las WLAN van ganando popularidad, alimentada en parte por la disponibilidad de dispositivos optimizados para la informática inalámbrica como la tecnología móvil Intel Centrino.

### **1.5.3. 3G (Tercera Generación)**

Son Redes amplias inalámbricas (por sus siglas en inglés WWAN) son las redes inalámbricas de mayor alcance, así como las más utilizadas hoy día

en la infraestructura de telefonía móvil, aunque también disponen de la capacidad de transmitir datos, pero no es muy utilizado actualmente.

Uno de sus objetivos es conseguir inversión y rápido despliegue de banda ancha *wireless*, pero hasta el momento no se ha conseguido y que lo que prevalece es un servicio caro, casi experimental, muy restringido en cobertura y tecnológicamente ya atrasado. En la tabla I se muestra la comparación de sus características entre las dos tecnologías.

**Tabla I. Tabla de Comparación WIMAX vrs 3G**

	<b>WIMAX</b>	<b>3G</b>
	<b>802.16</b>	
<b>VELOCIDAD</b>	75 -100 Mbit/s	2 Mbit/s
<b>COBERTURA</b>	40-50 km (MAN)	hasta 30 km
<b>LICENCIA</b>	Si/No	Si
<b>VENTAJAS</b>	Velocidad, alcance y Movilidad total	Rango y movilidad
<b>DESVENTAJAS</b>	Interferencias	Lento y caro

Con los nuevos chips WIMAX, fabricado por Intel, WIMAX tendrá las siguientes ventajas respecto a su competencia:

- Los chips WIMAX serán también compatibles con wi-fi, cosa que no ocurre con ninguna de las tarjetas 3G.
- WIMAX opera en frecuencias libres.
- WIMAX permite velocidades entre tres y cuatro veces superiores a las del 3G.
- El precio del WIMAX será inferior al del 3G, ya que el módem no costará más de 30 dólares y, con el tiempo, irá integrado en los portátiles.

- El coste de las licencias WIMAX será entre 10 y 100 veces inferior al de las autorizaciones de 3G.
- La tecnología WIMAX es más eficaz que la del 3G, en cuanto es capaz de transmitir tres veces más datos con frecuencias similares.

#### 1.5.4. Rival UMTS (telefonía de tercera generación)

En realidad, WIMAX es un serio rival para la tecnología de telefonía móvil UMTS. La tercera generación móvil se está desplegando muy lentamente, y con algunos problemas técnicos. Por ejemplo, UMTS requiere la instalación de repetidores en el interior de los edificios porque traspasa mal el hormigón e incluso la niebla puede deteriorar la señal. Por el contrario, las señales de WIMAX que trabaja a frecuencias por debajo de los 11GHz, permiten a los receptores funcionar sin necesidad de ver la estación base, pueden atravesar nubes, árboles e incluso muros. En la tabla II se muestra la comparación de sus características entre las dos tecnologías.

**Tabla II. Tabla de Comparación WIMAX vrs UMTS**

	<b>WIMAX</b> <b>802.16</b>	<b>UMTS</b> <b>cdma2000</b>	<b>Mobile-Fi</b> <b>802.2</b>
<b>VELOCIDAD</b>	75 -100 Mbit/s	2 Mbit/s	16 Mbit/s
<b>COBERTURA</b>	40-50 Km. (MAN)	10 Km.	20 Km.
<b>LICENCIA</b>	Si/No	Si	Si
<b>VENTAJAS</b>	Velocidad, alcance movilidad total	Rango movilidad	Velocidad movilidad
<b>DESVENTAJAS</b>	Interferencias	Lento y caro	Precio alto

### **1.5.5. WIMAX frente al cable y al ADSL**

La clave de esta mayor cobertura de WIMAX, permitirá que los proveedores de servicios sean capaces de ofrecer acceso a Internet de banda ancha directamente a las casas, sin tener que tender un cable físico hasta el final, lo que se conoce como la última milla, que conecta a cada uno de los hogares con la red principal de cada proveedor.

WIMAX fue creado con el mismo objetivo que tecnologías como xDSL y cable modem y la distribución de banda ancha a usuarios finales, su fortaleza es tener la posibilidad de alcanzar lugares geográficos a los que estas tecnologías no pueden llegar.

### **1.5.6. Operadoras**

Las operadoras, que ya han lanzado una versión superior de la tecnología de tercera generación, la Súper 3G, para hacer frente a la amenaza de WIMAX. Sus promotores 26 telefónicas y fabricantes de equipos liderados por la japonesa NTT DoCoMo. La capacidad de la tecnología WIMAX para transmitir datos hasta 75 Mbps en áreas de 50 Km. de radio es muy superior a las posibilidades que hoy ofrece la telefonía 3G.

#### **1.5.6.1 Sprint**

Ante la imposibilidad de sustitución, para muchos operadores sólo queda una solución: buscar alternativas que complementen a la tercera generación. Uno de los que más prisa se están dando es la operadora Sprint, que entre sus planes se encuentra el hecho de desplegar sistemas de 3G en 200 mercados. El formato que ha elegido la firma es CDMA2000-1x EV-DO (Evolucion-Data Optimized). El paso siguiente de Sprint se centrará en la actualización de EV-DO Revision A, el cual ofrece más ancho de banda que las tecnologías de 3G

actuales y que aporta una velocidad de conexión mayor a Internet por parte de los usuarios finales.

Pero Sprint no sólo se quiere centrar en esta estrategia, sino que también ha planeado en adentrarse en mercados futuros, dentro de estas estrategias visionarias se encuentra la utilización e inversión en la tecnología WIMAX. Por este motivo acaba de firmar un acuerdo con Intel y Motorola, mediante el cual las tres compañías van a acelerar el desarrollo de dispositivos móviles basados en dicha tecnología.

Sprint reconoce que esta tecnología también funciona junto a 3G. Y es que, en su opinión, la banda ancha inalámbrica podría complementar a 3G en áreas donde existe una alta demanda de datos inalámbricos, como puede ser el caso de los centros de negocio de las ciudades. Además, desde la operadora se está enviando un mensaje, los usuarios podrán beneficiarse de los servicios inalámbricos interactivos multimedia (ésta es la definición que le ha dado el vicepresidente de desarrollo de tecnología de Sprint) al obtener “una verdadera experiencia de sobremesa”.

Así, estos podrán jugar, descargarse audio y vídeo, o realizar videoconferencias, entre otras cosas. Por lo que con WIMAX, concretamente, se podría convertir en la opción más barata a la hora de ofrecer servicios de alta velocidad para Sprint. Por lo que usa tecnología WIMAX, para construir una nueva red inalámbrica de comunicaciones de alta velocidad. La compañía afirmó que la nueva red, que se espera que ya esté disponible a finales del 2007 en algunos mercados, proporcionará a los consumidores conexión inalámbrica a Internet con velocidades a la par de las ADSL's y los modems por cable, cuadruplicando así las velocidades disponibles actualmente en las redes inalámbricas.

## **2. CARACTERÍSTICAS DE WIMAX (ESTANDAR IEEE 802.16X)**

### **2.1. Comparación de la tecnología inalámbrica WIFI y WIMAX(Estándar 802.16)**

La diferencia entre estas dos tecnologías inalámbricas, es su alcance y ancho de banda. Mientras que WIFI es una red inalámbrica de área local (WLAN), está pensado para oficinas o dar cobertura a zonas relativamente pequeñas, WIMAX es una red sin cables de área extensa y metropolitana (WMAN) que ofrece tasas de transferencia de 75 Mbps a distancias de hasta 50 kilómetros de una estación base. Por comparación, la tasa de transferencia de WIFI es de 11mbps y la distancia de hasta 350 metros en zonas abiertas.

La tecnología WIMAX, está optimizada para trabajar sin línea de vista, es decir no hay necesidad de ver la red para poder comunicarse. De este modo la señal podrá pasar edificios completos sin necesidad de contar con radio base y sin ningún problema, cosa que hoy no ocurre con WIFI.

La tecnología de comunicación inalámbrica conocida como IEEE 802.16-2004 + ETSI *HyperMAN* (conocida popularmente como WIMAX), es una tecnología de conexión a banda ancha a través de ondas de radio con mayor alcance y confiabilidad que las actuales posibilidades. A diferencia de WIFI, cuya red puede ser establecida para un oficina, un comercio o para conectar la casa con la oficina, WIMAX está diseñado para cubrir prácticamente una ciudad entera, a través de estaciones base dispersas alrededor del área metropolitana. Su alcance, por supuesto, es mucho mayor, ya que brinda una conexión inalámbrica de banda ancha a un radio de 50 kilómetros a la redonda.

La señal de radio WIFI comienza a degradarse cuando trabajan más de 20 personas de forma concurrente; por el contrario, su hermano mayor (WIMAX) permite que una misma estación tenga cientos e incluso miles de personas trabajando a la vez. Sin embargo, WIMAX no compite con WIFI, sino que ambas son tecnologías complementarias: la primera conectará los puntos de acceso (*hots post*) de WIFI, con el consiguiente aumento de la cobertura. En la tabla III se muestra la comparación de sus características entre las dos tecnologías.

**Tabla III. Tabla de comparación WIMAX vrs WIFI**

	<b>WIMAX</b>	<b>WIFI</b>
	<b>802.16</b>	<b>802.11</b>
<b>VELOCIDAD</b>	75 -100 Mbit/s	11-54 Mbit/s
<b>COBERTURA</b>	40-50 Km. (MAN)	300 m
<b>LICENCIA</b>	Si/No	No
<b>VENTAJAS</b>	Velocidad y alcance y movilidad total	Velocidad, precio y movilidad Parcial
<b>DESVENTAJAS</b>	Interferencias	Bajo alcance

### 2.2.1 Backhaul inalámbrico en una red WI-FI

Un escenario más probable es que WIMAX sea usado para proveer *backhaul* a una red Wi-Fi, ya que una de las mayores limitaciones con el servicio Wi-Fi público es la restricción del *backhaul* en que una interfaz aérea de 11Mbps o 54Mbps es alimentada en una línea T-1(Estándar Europeo E1) de 500kbps o 1.5Mbps.

En este caso, la frase “una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil” se aplica aquí, ya que una conexión de banda ancha de otra manera impresionante en la interfaz de aire se reduce drásticamente una vez que alcanza el punto estrecho del *backhaul*.



Vale la pena destacar que las velocidades de datos de Wi-Fi antes mencionadas son velocidades de datos máximas teóricas y que una vez que desaparece el *overhead*, las velocidades de datos reales se reducen aproximadamente a la mitad. Además, la interfaz aérea y el *backhaul* podrían ser compartidos por múltiples usuarios, disminuyendo así la velocidad de datos de los usuarios.

Otra limitación con el acceso Wi-Fi público es el costo y la inconveniencia asociada con el *backhaul* de wireline. Actualmente, un punto de acceso Wi-Fi sólo puede ser localizado donde ya hay acceso *wireline*, o donde se puede instalar el acceso *wireline*. Además, a pesar de que el servicio DSL o banda ancha por cable es relativamente económico, no lo es alquilar una línea T-1. Dependiendo del modelo de negocio del operador, el uso de WIMAX puede ser apropiado y el rendimiento de la red podría aumentar drásticamente con un costo mucho menor de lo que sería posible con cobre o fibra.

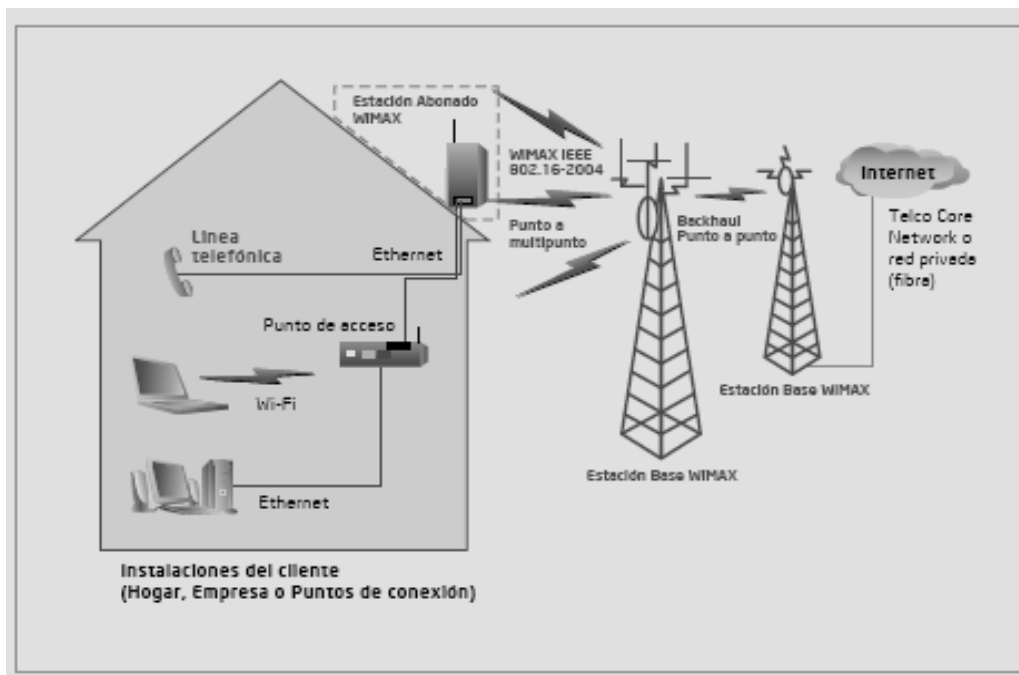
## **2.2. Relación WIFI y WIMAX**

WIFI y WIMAX son en realidad tecnologías complementarias. WIMAX es una tecnología de última milla o de bucle de abonado, lo cual significa que conecta empresas y hogares con la red Internet de alta velocidad. WIFI proporciona la conectividad de red local inalámbrica en un edificio o un hogar.

Con los ordenadores portátiles del futuro, los usuarios podrán disponer de ambas tecnologías, WIMAX y WIFI, para conectarse a la red Internet de banda ancha. Estas dos tecnologías se han diseñado para que sean complementarias y funcionarán juntas para ofrecer la mejor conexión en función de las necesidades del usuario. Está basada en el estándar IEEE 802.16 y es compatible con WIFI (802.11b y 802.11g).

La tecnología WIMAX 802.16X, genera una cola de mensajes y al mismo tiempo enruta y certifica la integridad de los suscriptores, lográndose así mayor confidencialidad y seguridad. Esta tecnología se puede utilizar con o sin licencia, por lo general utiliza TDD(duplicación por división de tiempo) cuando es implementada sin licencia y utiliza FDD (duplicación por división de frecuencia) con licencia. En la figura 2 se muestra la arquitectura o topología de una red WIMAX, utilizando la tecnología WIFI.

**Figura 2. Arquitectura de WIMAX con WIFI**



### 2.2.1 La utilización de ambas tecnologías es la mejor alternativa

La red ofrece un rango amplio de opciones inalámbricas de implementación para cubrir áreas grandes y de última milla. Lo mejor es que la solución varía de acuerdo a los modelos de uso, el tiempo de implementación, la posición geográfica y la aplicación de red (tanto en datos, VoIP y video).

Cada implementación puede estar hecha a la medida que mejor se adapte las necesidades de la red de usuarios [3]. Los Wi-Fi WLANs coexistirán con WIMAX, ya que la tecnología 802.16 (WIMAX), complementa la WLAN conectando hotspots con tecnología 802.11 (WIFI) a Internet y ofrece una alternativa inalámbrica para la conectividad de banda ancha de última milla a empresas y hogares. Las recomendaciones para las implementaciones:

- 802.16-2004, este estándar es el más utilizado por operadoras en áreas rurales.
- La utilización de la tecnología ya implementada en áreas urbanas como suburbanas, decremento los costos de implementación de la tecnología WIMAX.
- WIMAX estándar 802.16-2004, permite la expansión de la arquitectura de malla de WIFI, lográndose así mayor cobertura inalámbrica, que en la actualidad operadoras proporcionan y la utilización de hardware que trae incorporado la tecnología WIFI.

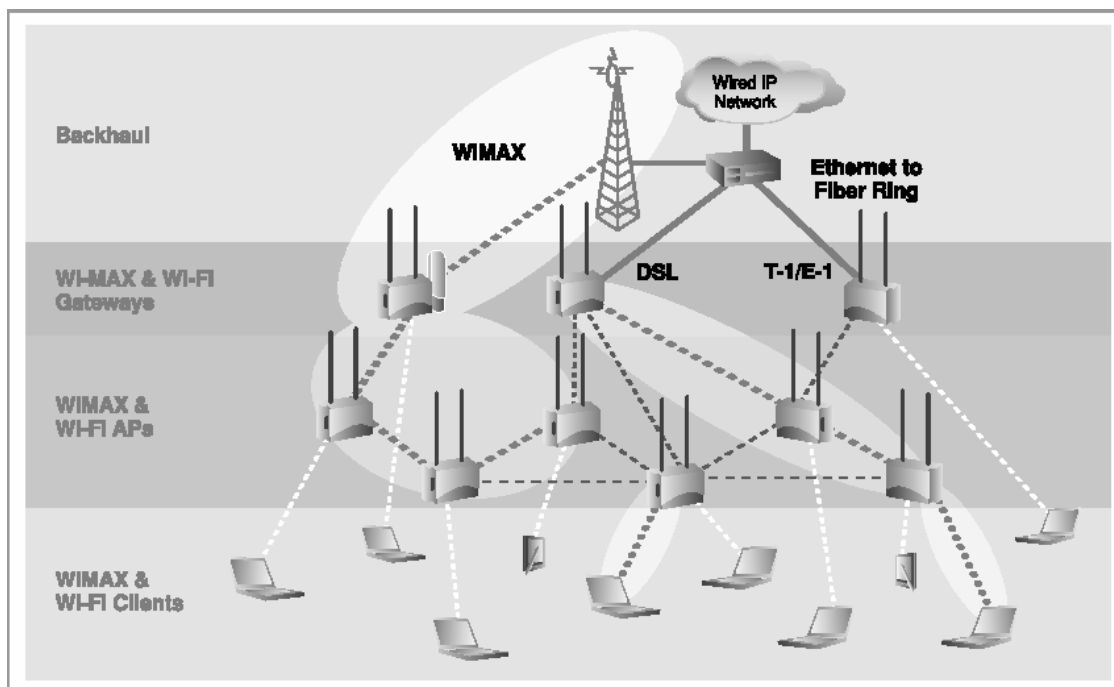
En la figura 3 se muestra la extensión o expansión de la tecnología WIFI, por medio de las aplicaciones de la tecnología WIMAX, actualmente para la conectividad intra-malla, Wi-Fi ofrece ventajas. Los dispositivos de hardware de WIFI, aprobados por la industria inalámbrica, están al alcance de todos por lo que se pueden obtener fácilmente a precio accesible, por lo que la tecnología WIMAS puede generar conjuntamente con WIFI una tecnología intra-malla que ofrece gran desempeño a nivel costo/beneficio.

---

[3]. Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnologia\\_inalambrica\\_usada\\_en\\_areas\\_rurales](http://es.wikipedia.org/wiki/Tecnologia_inalambrica_usada_en_areas_rurales)

Esencialmente, las conexiones intra-malla *backhaul* pueden reducir los costos relacionados con el cableado de cada nodo. Los puntos de acceso (APs) duales de las tecnologías WIFI y WIMAX, interrelacionados o conectados dentro de una red de mallas, proporcionan una alta disponibilidad y robustez. Los enlaces más remarcados sólidos muestran *backhaul* WIMAX y conectividad intra-malla.

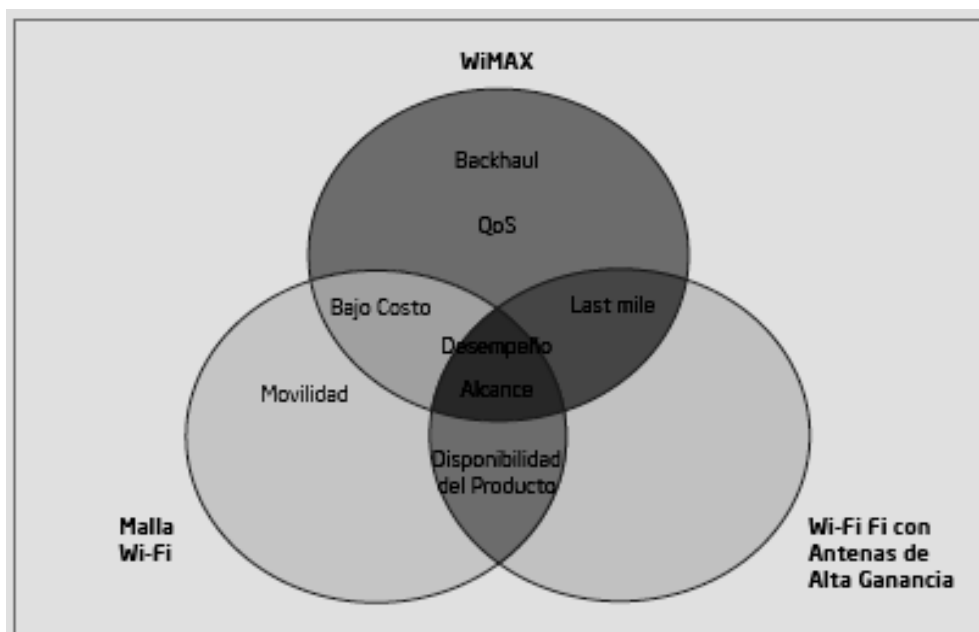
**Figura 3. Extensión de WIFI por medio de WIMAX**



Las redes de malla WIFI están generando mayor demanda en el mercado para WIMAX, ya que esta la complementa y permite *backhaul* o red de retorno a menor costo y a mayor velocidad. WIMAX puede expandir o agrandar una red de malla.

En la figura 4, se puede observar que existen diferentes soluciones y beneficios, dependiendo los diferentes segmentos de mercado meta enfocados. En la actualidad, la red de malla WIFI ofrece movilidad, mientras que WIMAX ofrece *backhaul* o red de retorno de larga distancia y solución de última milla.

**Figura 4. Características de soluciones de acceso para áreas metropolitana WIMAX y Wi-Fi**



### 2.3. Relación de WIMAX y la tecnología *Bluetooth*

Primero fue el estándar 802.11b, más conocido por WIFI, que debido a su explosivo crecimiento en el mercado ha sufrido una vertiginosa evolución plasmada en innumerables especificaciones posteriores. Luego llegó la conectividad de corto alcance *Bluetooth*, popular en estos últimos tiempos gracias a su estrecha interacción con la telefonía móvil de última generación. Y

ahora viene a complementar las nuevas en tecnologías como UWB (*Ultra Wide Band*) y WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*).

En los últimos años, las tecnologías inalámbricas han irrumpido en el mercado con una inusitada rapidez y asombrosa popularidad. Buena prueba de esta tendencia son las exitosas tecnologías 3G mobile, WIFI y, más recientemente, la tecnología *Bluetooth*, que poco a poco, y sin apenas hacer ruido, se ha convertido en el estándar global para la conexión de dispositivos equipados con tecnología inalámbrica en distancias cortas que, por otra parte, son cada vez más numerosos, lo que se pretende es implementar y optimizar la tecnología *Bluetooth* con una tecnología de banda ancha o de largo alcance y aquí es donde juega un papel importante la tecnología WIMAX.

### **2.3.1. Algo acerca de la Tecnología *Bluetooth***

Es la norma que define un Estándar global de comunicación inalámbrica, que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia. Los principales objetivos que se pretende conseguir con esta norma son:

- a. Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- b. Eliminar cables y conectores entre éstos.
- c. Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre nuestros equipos personales.

*Bluetooth* está considerado utópicamente y en términos de los gestores del conocimiento, como una herramienta para conectar entre sí teléfonos móviles, ordenadores de bolsillo y todo tipo de equipos portátiles para que la información contenida en las bases de datos corporativas deje de estar confinadas en el dispositivo (servidor empresarial) en el cual residen.

No obstante, esta tecnología se muestra poco efectiva ante tales retos, aunque sí resulta altamente efectiva y práctica a la hora de acceder y compartir pequeños volúmenes de información en cualquier lugar, siempre que tenga cerca cualquier otro dispositivo equipado con *Bluetooth*.

Su interés radica en su simplicidad y permitiendo que un usuario se pueda mover cómodamente por cualquier recinto que tenga una adecuada cobertura inalámbrica, por ejemplo, sincronizando información de forma inalámbrica con su dispositivo portátil e imprimiendo informes directamente en una impresora equipada con este estándar de conexión.

La tecnología *Bluetooth* también está desempeñando un papel cada vez más importante en el sector del automóvil. Los modelos de la gama más alta de Acura, BMW, DaimlerChrysler, Saab, o Toyota, entre otros, han incorporado tecnología *Bluetooth* en sus unidades de navegación y de audio.

#### **2.4. Tipos de servicios de la Tecnología WIMAX**

WIMAX incentivaré el uso de otro tipo de servicios, como la transmisión de contenido multimedia de alta calidad (películas, juegos en línea, aplicaciones empresariales, etc.), gracias a su ancho de banda permite transmitir señales de voz, datos por ondas, Internet, telefonía móvil, DSL con una cobertura de hasta 50 kilómetros.

#### **2.5. Cobertura**

Proporciona un radio de cobertura de 30 a 50 kilómetros, todo dependerá de los obstáculos existentes entre el emisor y receptor, por lo que se puede optimizar con la utilización de los diferentes estándares o aplicaciones de

software de WIMAX, así como también a nivel de hardware como la buena utilización de antenas inteligentes.

## 2.6. Bandas y Espectro de Frecuencias

WIMAX opera en la banda de 10 a 66 GHz y de los 2-11GHz y en frecuencia libres (5,8 GHz) y en otras bandas actualmente de sistemas de distribución local de multipuntos en sus siglas LMDS(*Local Multipoint Distribution System*) de 3,5 GHz. Utiliza también un rango de frecuencias 2-11 GHz, la cual requiere línea de vista entre el emisor y el receptor, esta es utilizada para la transmisión entre antenas, también utiliza la banda entre 2-6 GHz para la distribución directa hacia los abonados(usuarios finales).

Se tiene que tomar en cuenta que a frecuencias altas, la transmisión es de menor calidad ya que es más vulnerable al tipo de clima, pero se logra mayor velocidad de comunicación. En la tabla IV se muestra la asignación mundial de bandas autorizadas para la tecnología WIMAX.

**Tabla IV. Tabla de asignación mundial de bandas autorizadas, con licencia y exentas de licencia**

<b>CIUDAD Y ÁREA GEOGRÁFICA</b>	<b>BANDAS UTILIZADAS</b>
Norte América y México	2.5 GHz y 5.8 GHz
Central y América del Sur	2.5 GHz, 3.5 GHz y 5.8 GHz
Europa occidental y Oriental	3.5 GHz y 5.8 GHz
Medio Este y África	3.5 GHz y 5.8 GHz
Pacífico Asiático	3.5 GHz y 5.8 GHz

Existen operadoras que utilizan frecuencias menores a 700 MHz, lo cual les permite mayor cobertura, pero les reduce la velocidad de transmisión, ya que para la utilización de estas bandas tienen que incorporar protocolos de



detección y corrección de errores. La banda ancha extiende el alcance y variedad de la comunicación personal a fin de incluir VoIP eficiente, videoconferencias, mensajería instantánea y rápido acceso a correo electrónico, el ancho de banda de 3.5 GHz, es la considerada la de mayor calidad y mejor desempeño para WIMAX.

En la tabla V se muestra las bandas y espectros de frecuencia disponibles para la tecnología WIMAX.

**Tabla V. Bandas y frecuencias disponibles para WIMAX**

BANDA	FRECUENCIA	¿REQUIERE LICENCIA?	DISPONIBILIDAD
2.5 GHz	2.5 a 2.69 GHz	si	Asignado en Brasil, México, algunos países asiáticos y en U. S. (El Foro de WIMAX también incluye 2.3 GHz en esta categoría de banda y espera cubrir [2.3 GHz] con los 2.5 GHz.) La propiedad varía por país.
3.5 GHz	3.3 a 3.8 GHz, pero principalmente 3.4 a 3.6 GHz	Sí, en algunos países	En la mayoría de los países, los 3.4-GHz a 3.6 GHz se asigna para banda ancha inalámbrico.
5 GHz	5.25 a 5.85 GHz	No	En los 5.725 GHz a 5.85 GHz, muchos países permiten rendimiento de poder más alto (4 vatios) que puede mejorar.

Dentro de este rango de frecuencias, el espectro más probable está disponible en 2.3GHz, 2.4GHz, 2.5GHz, 3.5GHz, 5.8GHz y, potencialmente, en 700MHz. Por consiguiente, para asegurar la interoperabilidad mundial, los CPE, tarjetas de datos o soluciones con chips incorporados de WIMAX deberían soportar hasta 5 bandas de frecuencia. Es esto, o la industria inicialmente se concentra en sólo un par de bandas del espectro, en cuyo caso es probable que 3.5GHz reciba parte de la atención inicial.

El espectro disponible se divide en dos categorías distintivas:

### **2.6.1 Espectro sin licencia**

En la mayoría de los mercados, el espectro que no requiere licencia y que podría emplearse para WIMAX es 2.4GHz y 5.8GHz. Debido a que el espectro no requiere licencia, la barrera para ingresar es baja, por lo que hace más fácil que un posible operador comience a ofrecer servicios empleando el espectro. En algunos casos, esto puede ser ventajoso por razones obvias, desafortunadamente, también existen varias desventajas.

En ciertos países, en particular en Europa, rige el concepto de espectro “con licencia *light*”, lo que significa que el usuario tiene que presentar su intención de usar el espectro que no requiere licencia. De esta forma, los entes reguladores tienen una mejor noción de quién está empleando el espectro, y controlan la cantidad de licenciatarios y minimizan potencialmente el impacto de interferencias.

Existen cuatro desventajas principales relacionadas con el uso del espectro que no requiere licencia:

#### **Interferencias:**

Debido a que el espectro que no requiere licencia puede ser utilizado por varios sistemas diferentes de RF, hay altas probabilidades de que ocurran interferencias. Los sistemas de RF que no requieren licencia pueden incluir desde las redes rivales de WIMAX o los puntos de acceso de Wi-Fi.

Los teléfonos inalámbricos y *Bluetooth* (sólo 2.4GHz) también usan este espectro. Tanto WIMAX como Wi-Fi soportan la DFS (*Dynamic Frequency*

*Selection* - Selección Dinámica de Frecuencia) que permite que se utilice un nuevo canal si fuera necesario (por ejemplo, cuando se detectan interferencias). No obstante, DFS también puede introducir una mayor latencia que, a su vez, afecta las aplicaciones en tiempo real como VoIP.

### **Mayor competencia:**

Los operadores que utilizan el espectro que no requiere licencia tienen que asumir que otro operador fácilmente podría ingresar en el mercado empleando el mismo espectro. En gran medida, el número relativamente alto de puntos de acceso públicos Wi-Fi se debe a este hecho. No obstante, los gastos de capital relacionados con la instalación de un punto de acceso Wi-Fi de carácter comercial son relativamente triviales (cientos de dólares, cuanto mucho) en comparación con el costo relacionado con desplegar una red WIMAX, que podría ser equivalente al costo de desplegar una red celular.

### **Potencia limitada:**

Esto es cuando los entes reguladores del gobierno por lo general limitan la cantidad de potencia que puede transmitirse. Esta limitación es especialmente importante en 5.8GHz, donde la mayor potencia podría compensar la pérdida de propagación relacionada con el espectro en frecuencias más altas.

### **Disponibilidad:**

Mientras el espectro de 2.4GHz está disponible universalmente, en la actualidad el espectro 5.8GHz no se encuentra disponible en varios países.

Dadas estas desventajas, los operadores evaluarán cuidadosamente el uso potencial del espectro que no requiere licencia, en particular 2.4GHz, antes de instalar una red. Hay excepciones, entre las que se incluyen las regiones rurales o remotas, donde hay menos probabilidades de interferencia y competencia.

### **2.6.2 Espectro con licencia**

El espectro que requiere licencia tiene un precio potencialmente alto, pero bien lo vale, en especial cuando la oferta del servicio requiere una alta calidad de servicio. La mayor ventaja de tener el espectro que requiere licencia es que el licenciatario tiene uso exclusivo del espectro.

Está protegido de la interferencia externa, mientras que sus competidores sólo pueden ingresar en el mercado si también poseen o tienen un leasing (arrendar) del espectro. El espectro que requiere licencia se encuentra en 700MHz, 2.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz; de éstas, las últimas dos bandas de frecuencia son las que en la actualidad reciben mayor atención.

#### **2.6.2.1 2.5GHz**

Está disponible para uso terrestre en América del Norte, América Latina y eventualmente, en Europa cuando la banda de extensión 3G salga a licitación en los próximos años. Algunos potenciales operadores de WIMAX en Europa están haciendo campaña para que los entes reguladores de Gran Bretaña les permitan desplegar WIMAX en 2.5GHz. Si este escenario tuviera lugar, el licenciatario de la 2.5GHz aún tendría que decidir usar el espectro para WIMAX y no para su oferta de servicio celular 3G.

En los Estados Unidos, Sprint-Nextel pasará a ser uno de los mayores tenedores del espectro 2.5GHz. Vale la pena advertir que una gran parte de los *holdings* del espectro del operador es dada en leasing por otras entidades, lo que significa que, en última instancia, quizá no tenga control total del espectro. A fin de usar el espectro, Sprint-Nextel primero tendría que limpiar gran parte del espectro y aislar los canales para que no haya interferencias con los otros usuarios del espectro (Iglesia Católica, etc.). Lo que es aún más importante es que aún habría necesidad de que se eduque respecto de cualquier oferta potencial de servicio de banda ancha.

Otro gran tenedor del espectro 2.5GHz, es *Cingular Wireless* el cual también está evaluando sus oportunidades WIMAX. Dicho esto, el operador está evaluando WIMAX con una tendencia a usar la tecnología para proporcionar backhaul inalámbrico para sus AP Wi-Fi y su red celular. *Cingular Wireless*, por ejemplo, en la actualidad usa radio de microondas en el *Garden State Parkway* de Nueva Jersey.

### **2.6.2.2 3.5GHz**

La banda de frecuencia 3.5GHz en la actualidad está disponible en casi todos los países. Además de los desafíos de propagación RF inherentes a esta banda muchas licencias europeas restringen la manera en que se puede usar el espectro, dado que en esta banda particular en la actualidad no se permiten *handoffs* entre celdas, lo que no resulta ideal cuando se intenta ofrecer un servicio móvil de voz y de datos que requiere un servicio ininterrumpido para las llamadas de voz. El Foro WIMAX en la actualidad está solicitando a los entes reguladores que modifiquen esta política. Además, en algunas regiones del mundo como en Japón y Corea, se están usando porciones del espectro para ofrecer servicios satelitales.

### **2.6.2.3 700GHz**

En este momento, no hay un perfil WIMAX para el espectro 700MHz, sin embargo, al menos hay cierto interés dentro de la comunidad de WIMAX de introducir WIMAX en esta banda de frecuencia. La banda del espectro 700MHz es muy utilizada en muchas regiones del mundo, entre ellas América del Norte y la mayor parte de Europa.

En la actualidad, este espectro está siendo utilizado por emisoras análogas de TV lo que significa que la capacidad de desplegar WIMAX o cualquier otra tecnología inalámbrica en esta banda del espectro está limitada debido a las preocupaciones acerca de la posibilidad de que haya interferencias entre los servicios.

Con la transición a la TV digital, las emisoras de América del Norte finalmente vaciarán este espectro y lo liberarán para otros posibles usos. 700MHz es una banda del espectro muy atractiva en regiones remotas debido a las condiciones de propagación favorables que existen en esta frecuencia más baja (cuanto más baja es la frecuencia, más lejos se puede propagar la señal).

El radio efectivo de la celda en 700/800MHz es el doble de lo que sería en 1.9GHz, lo que significa que se necesitan cuatro veces más estaciones base en 1.9GHz respecto de 700/800MHz. Entre 1.9GHz y 2.5GHz se aplican los mismos múltiplos, y lo mismo sucede entre 2.5GHz y 3.5GHz. Interpolando estos números, una red desplegada en 3.5GHz podría requerir casi entre sesenta y ochenta por ciento más sitios de celda de lo que requeriría en 2.1GHz (espectro UMTS), si el resto de las condiciones fueran las mismas. WIMAX podría incluir el uso de tecnologías de antenas inteligentes.

#### **2.6.2.4 2.3GHz**

El empleo de la banda del espectro 2.3GHz está muy limitado en este momento a ciertas aplicaciones de Corea del Sur (*WiBro*), Australia, Nueva Zelanda y los Estados Unidos. En los Estados Unidos, TeraBeam Verizon y Bellsouth son algunos de los mayores tenedores del espectro mientras que en Nueva Zelanda *Woosh Wireless* posee una huella en 2.3GHz en toda la nación, aunque en la actualidad está desplegando TD-CDMA en el espectro 2.1GHz. Si bien hay un espectro 2.3GHz disponible en los Estados Unidos, no es atractivo para WIMAX, en especial porque el uso en los canales adyacentes limita el ancho de banda disponible.

### **2.7. Espectro de Transmisión y Velocidad**

Ocupa un espectro de transmisión de 2 a 11 GHz, en las cuales no se necesita línea de vista y son frecuencias no licenciadas o reguladas y de 10 a 60 GHz, para comunicación entre antenas proveedoras del servicio. WIMAX ofrece, a través de un gigantesco “Hot Spot” (punto de acceso), transferencias con una velocidad de hasta 75 Mbps. Se tiene que tomar en cuenta que la velocidad real dependerá del total de abonados conectados en forma paralela y los diferentes tipos de ancho de banda requeridos.

Como se analizó anteriormente, WIMAX abarca un rango de espectro debajo de 11GHz. Asimismo, existe la posibilidad de desplegar WIMAX en las bandas del servicio celular (si estuviera permitido) y en las bandas de 700MHz. A pesar de la supuesta abundancia de espectros, algunos de estos espectros disponibles presentan sus propios problemas. Además, una amplia variedad de opciones de espectros también tiene como resultado la incompatibilidad o la necesidad de dispositivos multibanda.

### 2.7.1 Canal Flexible

A medida que aumenta la distancia entre el abonado y la estación base (o AP), o a medida que el abonado empieza a moverse, caminando o manejando, se convierte en más que un desafío que el abonado transmita con éxito a la estación base a un cierto nivel de energía. Cuando el ancho de banda es demasiado grande, dificulta la transmisión entre algunos dispositivos con las estaciones bases como por ejemplo: dispositivos sensibles a la energía como: computadoras portátiles, *handheld*, etc.

Los estándares IEEE 802.16-2004 e IEEE 802.16e tienen anchos de banda de canal flexibles entre 1.5 y 20 MHz para facilitar la transmisión de gran alcance y a diferentes tipos de plataformas de abonados. La flexibilidad de ancho de banda que proporcionan estos estándares, ayuda en la utilización y distribución de celdas en un territorio determinado, especialmente dentro de un espectro sin licencia.

Para escalabilidad, un operador con 14 MHz de espectro disponible, por ejemplo, puede dividirlo en cuatro sectores de 3.5 MHz para tener sectores múltiples (pares de transmisión/ recepción) en la misma estación base. El ancho de banda de canal flexible de red a red es imperativo para la planificación de celdas. Es más óptima la utilización de una antena dedicada, con un haz bien direccionada y configurada hacia un punto o segmento de abonados de mayor productividad, que la utilización de una antena omnidireccional. Con la utilización de esta antena dedicada se utiliza eficazmente la banda de canal flexible de red a red, ya que se puede distribuir en forma óptima la utilización de las celdas.



## **2.8. Seguridad**

En cuanto a seguridad, por el momento WIMAX incorpora el estándar de encriptación triple de información por sus siglas 3DES (*Triple Data Encryption Standard*), pero se prevee que se incorpore el estándar de encriptación avanzada por sus siglas AES (*Advanced Encryption Standard*) cuando comience su comercialización a gran escala e incluye medidas para la autenticación de usuarios y la encriptación de los datos mediante los algoritmos Triple DES.(128 bits) y RSA (1.024 bits).

## **2.9. Limites y Alcances**

En los mercados emergentes, donde la infraestructura cableada puede ser limitada actualmente, esta tecnología inalámbrica, resulta positiva ya que se puede instalar una antena y ofrecer acceso de alta velocidad a Internet a miles de clientes que actualmente apenas tienen acceso a Internet o ni siquiera disponen de servicios de telefonía fija. Una de las más serias limitaciones de las tecnologías inalámbricas es el costo, ya que las mismas solo han sido más implementadas en países que no presentan crisis económicas, situación que será solventada por WIMAX.

Esta tecnología esta basada en estándares por lo que permitirá que los fabricantes puedan armar las redes de conectividad inalámbrica de banda ancha. Lográndose así una mejor compatibilidad de los dispositivos, la conectividad WIMAX será de suma utilidad para conectar áreas remotas a las que no pueden llegar ni el cable, ni las conexiones de suscriptores de líneas asimétricas digitales en sus siglas ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*).

Esta tecnología, que se espera que revolucione las telecomunicaciones en el mundo, funciona de manera similar a las actuales redes inalámbricas de

tecnología WIFI, en donde una estación base con una antena (*access point*) controla el acceso inalámbrico de los equipos a la red.

WIMAX entrará de lleno en el mercado de los operadores celulares, posiblemente también colaborando, para que los usuarios dispongan de la mejor tecnología al mejor precio en sus accesos privados y corporativos. Posibilitará la generación de apuestas empresariales alternativas a las dominantes en la actualidad (servicios xDSL) y permitirá, si no bajar los precios, o mejorar sustancialmente la calidad del acceso. WIMAX será una tecnología complementaria de las actuales WIFI y 3G, ya que permitirá el acceso de datos a grandes velocidades y posibilitará su uso para terminales de la previsiblemente robusta infraestructura de VoIP.

## **2.10. Modulación**

La modulación es el proceso de que una onda del portador puede llevar el mensaje o el signo digital (serie de unos y ceros), mejora el problema de la interferencia multicamino, aumentando la eficiencia y el aprovechamiento del ancho de banda disponible.

Hay tres métodos básicos para esto:

1. Amplitud (Usa transmisión de radio AM)
2. Frecuencia (Usa transmisión de radio FM)
3. Fase (Cambio de mensajes digitales)

WIMAX con la utilización de la tecnología de Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), puede diferenciarse prestando un mejor servicio, logrando así una ventaja competitiva con respecto a su competencia, ya que esta tecnología utiliza 256 subportadoras. Esta técnica de modulación es la que también se emplea para la TV digital, sobre cable o satélite, lo que

permite a WIMAX alcanzar una velocidad hasta 75 Mbit/s, También soporta los modos FDD (*Frequency Division Duplexing*) y TDD (*Time Division Duplexing*) para facilitar su interoperabilidad con otros sistemas celulares o inalámbricos. En la figura 5 se muestra la diferencia de las características de modulación entre las tecnologías WIMAX y WIFI.

**Figura 5. Diferencias OFDM WIMAX Vrs WIFI**

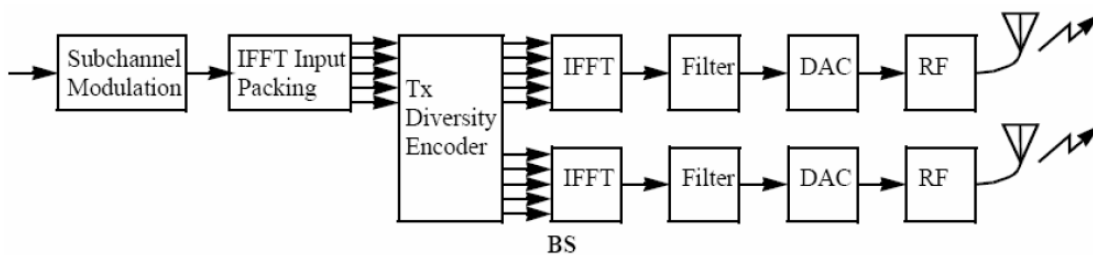
Wimax y WiFi (OFDM) Comparativa		
Parameter	WIMAX	WIFI
Nº de portadoras totales	256/2048	64
Nº de portadoras de datos	200/~1700	52
Nº de portad.piloto	8	4
Duplex	FDD/TDD	TDD
Ancho de banda	Escalable desde 1.5 MHz hasta 28 MHz	Fijo 20 MHz Modo turbo 40 MHz
Formatos de Modulación	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
Periodo de Guarda	Configurable	Fijo
MIMO	Yes	No
Sistema antena adaptivo		programado en 802.11n
Sub-canalización	Yes	No

El proyecto general de WIMAX actualmente incluye al 802.16-2004 y al 802.16e. El 802.16-2004 utiliza Multiplexado por División de Frecuencia de Vector Ortogonal (OFDM), para servir a múltiples usuarios en una forma de división temporal en una especie de técnica circular, pero llevada a cabo extremadamente rápido de modo que los usuarios tienen la sensación de que siempre están transmitiendo o recibiendo.

El 802.16e utiliza Acceso Múltiple por División de Frecuencia de Vector Ortogonal (OFDMA) y puede servir a múltiples usuarios en forma simultánea asignando grupos de “tonos” a cada usuario.

Para mejorar condiciones de *fading* (debilitamiento progresivo de una señal) y aumentar las capacidades del sistema, se requieren dos antenas transmisoras y al menos una receptora, el transmisor genera dos señales diferentes que se transmiten sincronizadamente, en la figura 6 se muestra dicha señales.

**Figura 6. Diversidad de Transmisión en OFDM**



### 2.10.1 Subcanalización

Es la forma de utilización de las portadoras en la modulación, por ejemplo: si sólo se transfieren una cantidad pequeña de datos se incrementa la eficiencia y si se conoce el perfil del debilitamiento progresivo de la señal, las portadoras se pueden colocar para mejorar un mejor funcionamiento, entonces el ancho de banda se puede compartir por varios usuarios.

### 2.10.2 Duplexación

Se refiere al proceso de crear canales bi-direccionales para transmisión de datos de *uplink* (enlace de carga) y de *downlink* (enlace de descarga).

Dúplex por divisiones de tiempo (TDD) y dúplex de división de frecuencia (FDD) son soportadas por el estándar 802.16-2004. Las soluciones con licencia usan dúplex de división de frecuencia (FDD) mientras que las soluciones exentas de licencia usan dúplex por división de tiempo (TDD).

### **FDD (dúplex de división de frecuencia)**

Requiere dos canales que son separados para minimizar la interferencia, uno para transmisión y otro para recepción. La mayoría de las bandas FDD son asignadas a voz porque la arquitectura bi-direccional de FDD permite manejar la voz con demoras mínimas. Sin embargo, FDD tiene componentes adicionales al sistema y esto eleva los costos.

Se usa FDD en redes inalámbricas de tercera generación (3G), que operan en una frecuencia conocida y son proyectadas para aplicaciones de voz. La mayoría de los esquemas de codificación usados en redes 3G tienen limitaciones para producción de datos. A medida que el tráfico de la red aumenta o disminuye, la región geográfica cubierta por el transmisor puede encogerse o crecer, fenómeno denominado “respiración de la celda”. Además, cuando un usuario que comparte un canal deja de transmitir, la velocidad de transmisión se reduce de forma proporcional al número de usuarios para minimizar la interferencia y resulta en un nivel de potencia de transmisión menor. Las variaciones de alcance y del nivel de poder de transmisión pueden ser aceptables para aplicaciones de voz pero ofrecen desafíos para las redes de datos.

### **TDD (Dúplex por divisiones de tiempo)**

Es útil en ambientes donde los pares de canales no están disponibles debido a restricciones legales, o donde pueden usarse frecuencias exentas de

licencia. TDD ofrece un único canal para transmisiones *upstream* (de carga) y *downstream* (de descarga). Un sistema TDD puede asignar dinámicamente ancho de banda *upstream* y *downstream*, según su tráfico. La transferencia asimétrica es apropiada para el tráfico de Internet en el que hay grandes volúmenes de datos en *downstream*. Un sistema TDD funciona transmitiendo primero *upstream* de una estación base a la estación del abonado. Después de poco tiempo de guarda, generalmente un milisegundo, la estación del abonado transmite en la misma frecuencia en la dirección *upstream*.

### Comparación entre TDD y FDD

Las soluciones TDD y FDD no son interoperables porque usan diferentes bandas y técnicas de dúplexación. En la figura 7 se muestra una comparación entre TDD y FDD.

**Figura 7. Comparación de TDD y FDD**

	TDD	FDD
<b>Descripción</b>	Técnica de dúplexación usada en soluciones exentas de licencia y que usa un solo canal para el uplink (enlace de carga) y el downlink (enlace de descarga).	Técnica de dúplexación usada en soluciones con licencia que usa un par de canales de espectro, uno para el uplink y otro para el downlink.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexibilidad mejorada porque no se requiere espectro en pares.</li> <li>Más fácil hacer par con tecnologías de antenas inteligentes.</li> <li>Asimétrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tecnología probada para voz.</li> <li>Diseñada para tráfico simétrico.</li> <li>No requiere tiempo de guarda.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No puede transmitir y recibir al mismo tiempo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No puede instalarse si le falta un par al espectro.</li> <li>Generalmente el espectro tiene licencia.</li> <li>Costo más elevado con relación a la compra del espectro.</li> </ul>
<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplicaciones de datos asimétricas "explosivas".</li> <li>Ambientes con diagramas de tráfico variable.</li> <li>La eficiencia RD es más importante que el costo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ambientes con diagramas de tráfico previsible.</li> <li>El costo del equipo es más importante que la eficiencia RF.</li> </ul>

FDD y RDD sirven para diferentes propósitos. FDD opera en dos canales separados, uno para recibir tráfico y otro para transmitirlo. El espectro otorgado para tecnologías FDD es licenciado en bandas de igual tamaño. No se

requieren tiempos de guarda entre *upstream* y *downstream*, lo que permite una implementación dúplex completa. FDD no soporta una solución de Malla Wi-Fi.

En una solución TDD, un canal se usa tanto para transmitir como para recibir tráfico. Se requieren tiempos de guarda entre *upstream* y *downstream*. TDD puede soportar Malla Wi-Fi. TDD usa dos juegos distintos de time slots (ranuras de tiempo) en la misma frecuencia para el *uplink* y para el *downlink*, mientras que FDD usa dos frecuencias diferentes, una para el *uplink* y otra para el *downlink*.

Una solución FDD cuesta más porque requiere más hardware para soportar a los canales del *uplink* y del *downlink*. El costo se justifica por el uso más eficiente del ancho de banda y la QoS mejorada. Las soluciones con licencia usan FDD debido a su naturaleza dúplex robusta y al espectro modulado por frecuencia. Esto permite a la portadora QoS de calidad, la que no se puede alcanzar totalmente en soluciones sin licencia.

## **2.11. Otras**

1. Diseñado para una alta calidad de servicio (QoS) y disponible con criterios de calidad tanto para voz como para video, provee servicios a nivel corporativo (E1/T1), como domestico.
2. Tecnología IP extremo a extremo.
3. Dependiendo del ancho de banda del canal utilizado, una estación base soporta miles de usuarios, superior al WLAN.
4. Posibilita la interoperabilidad entre los dispositivos de diversos fabricantes.

5. Converge con dos tipos de conexiones inalámbricas de banda ancha: *wireless* fijo, que son las líneas asimétricas digitales ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) y de cable; y *wireless* móvil, los puntos WIFI.
6. Es independiente de protocolo: puede transportar IP, *Ethernet*, ATM y más.
7. Puede transmitir otros servicios agregados como: Voz sobre IP (*VoIP*), datos, video.
8. Es compatible con las antenas de telefonía de tercera generación (denominadas "antenas inteligentes"), que gracias a la emisión de un haz acotado apuntan constantemente al receptor aun en movimiento.
9. Posee interoperabilidad por medio de sus diferentes estándares y la utilización de antenas inteligentes.
10. Alta *performance* o rendimiento.
11. Ofrece una cobertura de entre 5 y 8 kilómetros, entre las estaciones base WIMAX.
12. Alta compatibilidad con otros dispositivos.

En la tabla VI se muestra un resumen de las características de la tecnología WIMAX.

**Tabla VI. Resumen de características generales de WIMAX**

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Sin Línea de Vista (NLOS)	No necesita línea de visión entre la antena y el equipo del suscriptor



Continúa

Modulación OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)	Permite la transmisión simultánea de múltiples señales a través de cable o aire en diversas frecuencias, por medio del proceso de espaciamiento ortogonal disminuye las interferencias.
Antenas inteligentes	Soporta mecanismos de mejora de eficacia espectral en redes inalámbricas y diversidad de antenas
Topología punto-multipunto y de malla (mesh)	Soporta dos topologías de red, servicio de distribución multipunto y la malla para comunicación entre suscriptores.
Calidad de tipo de Servicio (QoS)	Utiliza la vista sin hilos (NLOS), logrando así una mejor calidad de señal, entre el emisor y receptor.
FDM (Frequency Division Multiplexing) y TDM (Time Division Multiplexing)	Utiliza estos multiplexadores para garantizar la interoperabilidad entre diferentes sistemas de telecomunicaciones pero especialmente los de celulares e inalámbricos.
Seguridad	Proporciona políticas de seguridad y criptografía dentro de su mismo protocolo, como por ejemplo: enrutamiento. El estándar 802.16 agrega autenticación de instrumentos con certificados x.509 usando DES en modo CBC (Chipre Block Chaining).
Bandas bajo licencia	Procesa comúnmente dentro de las bandas 2.4 GHz y 3.5 GHz, esto dependerá el país o región donde se implemente.
Bandas libres (sin licencia)	Opera en banda libre en 5.8, 8 y 10.5 GHz (con variaciones según espectro libre de cada país)
Canalización	De 5 y 10 MHz
Codificación	Adaptiva
Modulación	Adaptiva
Ecuilización	Adaptiva
Potencia de Transmisión	Controla la potencia de transmisión
Acceso al Medio	Mediante TDMA dinámico
Corrección de errores	ARQ (retransmisión inalámbrica)
Tamaño del paquete	Ajuste dinámico del tamaño del paquete
Aprovisionamiento	Aprovisionamiento dinámico de usuarios mediante DHCP y TFTP
Tasa de transmisión	Hasta 75 Mbps
Espectro de frecuencia	1802.16a 2-11 GHz (LOS), 802.16b 5-6 GHz con QoS, 802.16c 10-66 GHz, 802.16e 2-6 GHz (NLOS) para distribución a suscriptores, móvil.

Continúa

Alcance	50 Km sin Línea de Vista y 8 – 10 Km entre las bases o terminales en áreas de alta densidad demográfica.
Aplicaciones	Voz sobre IP, videoconferencias y datos.
Foro WIMAX	Grupo de organizaciones que la respaldan y la promueven como solución de última milla.

## 2.12 Proveedores

Las industrias de proveedores de conexión inalámbrica y de equipos de telecomunicaciones, se están congregando alrededor de la tecnología WIMAX debido a sus tremendas ventajas de costos para ofrecer conectividad de última milla en grandes partes del mundo que son muy costosas de servir con tecnologías de cable. Los sistemas con certificación WIMAX proporcionarán los componentes para conectar a los próximos cinco mil millones de usuarios a Internet y verdaderamente originar la revolución inalámbrica de banda ancha, dentro de los más grandes proveedores podemos mencionar los siguientes:

### 2.12.1 Intel.

El objetivo de Intel al participar en el desarrollo de WIMAX es el de potenciar la interoperabilidad entre las diversas soluciones que se encuentran en el mercado, la empresa de procesadores Intel, con su gama de chips Centrino WIFI convirtió a la tecnología inalámbrica de corto alcance en un patrón mundial popular en cafés casas, oficinas y otros espacios públicos.

Intel tiene el compromiso de aumentar la disponibilidad de las conexiones inalámbricas a Internet de alta velocidad en las ciudades, al igual que en las

comunidades suburbanas y rurales. Intel se está asociando con organizaciones públicas y privadas con el fin de impulsar el despliegue de la banda ancha WIMAX para que llegue a lugares donde antes era prácticamente imposible o demasiado costoso para que los portadores lo intentasen.

Por lo que es el creador del primer producto que aprovechará al máximo la tecnología inalámbrica WIMAX. Se trata de un nuevo modelo de chip, conocido en principio como *Rosedale*, el cual cuesta cerca de 45 dólares y está diseñado para que dispositivos reciban señales WIMAX en las casas de los usuarios.

Actualmente Intel no fabrica estaciones base o equipos terminales, pero si provee del silicio y los diseños para los fabricantes que alternadamente construyen tales productos. Los principales fabricantes de equipamientos de redes, incluida la alemana Siemens, también anunciarán la fabricación de productos construidos basados en *Rosedale*. Los planes de las pruebas, alcanzan varios países entre los cuales podemos mencionar la India, Filipinas, Japón, Sudáfrica y Rusia.

También podemos mencionar a diversos fabricantes de hardware como: Portugal Telecom, *Swisscom* o BT. Además, el fabricante de equipos de telecomunicaciones chino ZTE que construye redes de banda ancha inalámbrica utilizando la tecnología WIMAX en China, Europa del Este y el Sureste de Asia.

WIMAX ya cuenta con el respaldo de gran parte de la industria. Cisco, AT&T, Sprint, Nortel Networks, Fujitsu Microelectronics, Samsung y Motorola son algunos de los fabricantes y operadoras que soportan el estándar 802.16. Intel se ha revelado como uno de los principales promotores de WIMAX y tiene como objetivo conseguir que los terminales con WIMAX dotados con sus chips

tengan un precio accesible a empresas de redes, como Huawei y Siemens AG, los cuales producen los primeros dispositivos de red WIMAX basados en el chip de Intel (conocido con el nombre clave de *Rosedale*).

El silicio WIMAX de Intel ofrece las características que se necesitan para distribuir módems inalámbricos de alta velocidad de bajo costo para hogares y empresas. El producto está diseñado con un alto nivel de integración para optimizar el proceso de desarrollo y reducir los costos para los fabricantes de equipo. También ofrece una arquitectura programable que facilita a los fabricantes de equipos agregar aplicaciones innovadoras y únicas sobre la solución basada en estándares de Intel.

Intel indica que al combinarse circuitos integrados analógicos de radio frecuencia (RFIC) y amplificadores de potencia de otros proveedores, los fabricantes pueden crear una amplia gama de *gateways* residenciales y módems WIMAX auto instalables de exteriores e interiores con capacidad para transmitir datos, voz y video en tiempo real a alta velocidad a través de una red IP.

Intel indica que esta tecnología WIMAX se implementa en tres fases:

La primera fase de la tecnología WIMAX (basada en IEEE 802.16d) proporcionará conexiones inalámbricas fijas a través de antenas exteriores. Las comunicaciones inalámbricas fijas en exteriores se pueden utilizar para conexiones de alta velocidad en empresas (servicios de categoría T1/E1), *hubs* y transmisión inalámbrica a puntos centrales y servicios residenciales de alta calidad.

La segunda fase, WIMAX estará disponible para su instalación en interiores, con antenas más pequeñas similares a las de los puntos de acceso WIFI actuales. En este modelo interior fijo, WIMAX se podrá utilizar en grandes

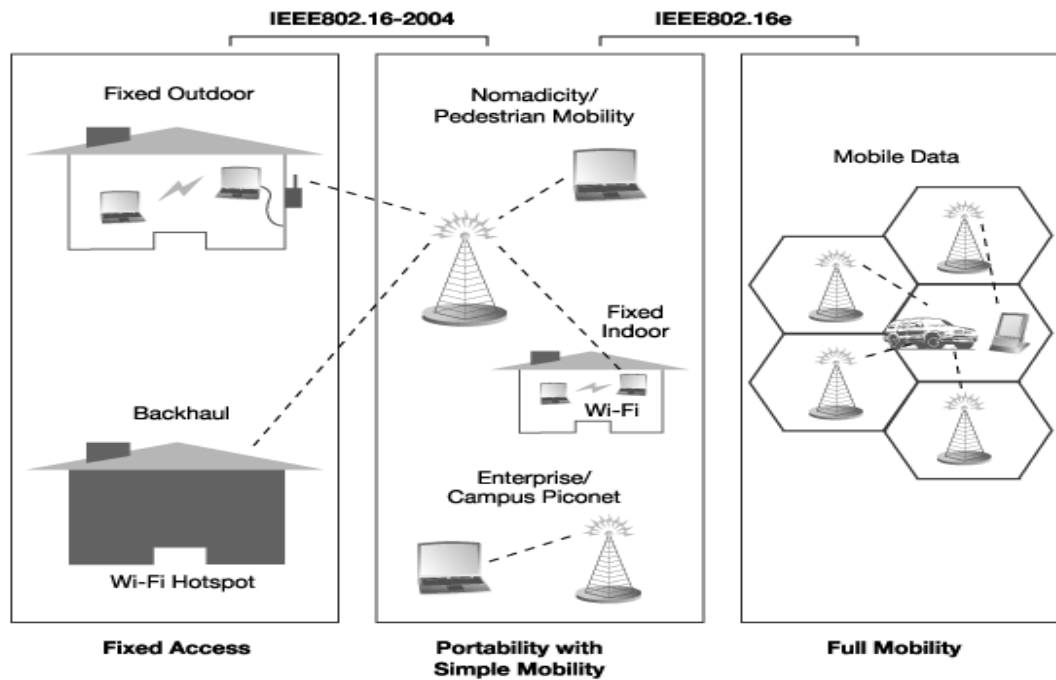
instalaciones de banda ancha en zonas residenciales, puesto que el propio usuario podrá instalar estos dispositivos, con la consiguiente reducción de los costos de instalación de los operadores.

En la tercera fase, la tecnología se integrará en ordenadores portátiles para permitir la itinerancia o movilidad entre áreas de servicio WIMAX. Intel prevé una adopción rápida de esta tecnología en el mundo. Lo primero será la instalación de antenas exteriores fijas, luego el uso interno de antenas en hogares y empresas y finalmente la fabricación de productos que sean compatibles con el estándar.

Intel promueve la interfaz de banda ancha Intel PRO/*Wireless* 5116 siendo esta el primer sistema 802.16-2004 en un chip optimizado para módems WIMAX y *gateways* residenciales de bajo costo. Estas unidades se pueden instalar en hogares o en empresas para recibir y transmitir una señal de banda ancha inalámbrica.

Para ofrecer conectividad WIMAX a un público más numeroso, la interfaz de banda ancha Intel PRO/*Wireless* 5116 hace posibles productos WIMAX para exteriores y también nuevas soluciones para interiores, como módems WIMAX y *gateways* residenciales que se instalan automáticamente. En la figura 8 se muestra la evolución de la tecnología WIMAX, según Intel.

**Figura 8. Evolución de WIMAX**



### 2.12. 2. Nortel Networks

Es uno de los líderes mundiales en la innovación, Nortel Networks enriquece las comunicaciones de consumidores y empresas en todo el mundo al ofrecer redes multimedia convergidas que eliminan las fronteras entre voz, datos y video. Estas redes usan innovadoras tecnologías de paquetes, inalámbricas, de voz y ópticas, y están sustentadas por altos estándares de seguridad y confiabilidad.

Nortel Networks indica que para operadores y empresas, estas redes inalámbricas, en especial las de WIMAX, ayudan a impulsar mayores utilidades y productividad al reducir costos y habilitar nuevas oportunidades de servicios para empresas y consumidores. Nortel Networks conduce sus negocios en más de 150 países. En 2001 Nortel Networks completó una extensa prueba de

propagación en el centro de Londres, comprobando la viabilidad de la Tecnología MIMO (Múltiple In, Múltiple Out), de aumentar de forma sustancial el rendimiento en un despliegue urbano. En febrero del 2003, Nortel Networks mostró una velocidad máxima de datos de hasta 20 megabites por segundo a través del aire utilizando tecnología OFDM/MIMO con una portadora de 5MHz.

Nortel Networks es miembro de numerosos organismos de la industria inalámbrica, como por ejemplo Internacional *Telecommunications Union* (ITU), *Third Generation Partnership Project* (3GPP), 3GPP2, *Cellular Telecommunications & Internet Association* (CTIA), IEEE, *WIFI Alliance* y *Wireless Communications Association* (WCA). *Nortel Networks* ha diseñado, instalado y lanzado más de 300 redes inalámbricas en más de 50 países. *Nortel Networks* fue el primer proveedor de redes inalámbricas de la industria en trabajar con todas las tecnologías de radio avanzadas (GSM/GPRS/EDGE, CDMA2000 1X y 1xEV-DO, UMTS y WLAN) y es uno de los proveedores de soluciones inalámbricas de principio a fin de la próxima generación WIMAX.

### **2.12.3 WIMAX Forum**

El WIMAX Forum es una entidad del sector sin fines de lucro destinada a promover y certificar la compatibilidad y la interoperabilidad de productos inalámbricos de banda ancha utilizando los estándares IEEE 802.16x y ETSI *HiperMAN*. El objetivo del foro es acelerar la introducción de dichos dispositivos al mercado. Los productos certificados *WIMAX Forum Certified TM* serán completamente interoperables y soportan Aplicaciones Metropolitanas de Banda Ancha Fijas, Portátiles y Móviles. El forum se está centrando principalmente en las bandas de 2.5 GHz, 3.5 GHz y 5.8 GHz, que posibilitan soluciones NLOS (*Non Line of Sight*), es decir que no necesiten visión directa entre el emisor y el receptor.

WIMAX Forum, tiene instalado en Andalucía un laboratorio oficial para certificación mundial de la tecnología WIMAX y todos los productos que cumplan con la norma 802.16-2004. La visión del WiMAX Forum es que la tecnología WIMAX no reemplazará las redes existentes 3G y Wi-Fi sino que será construida como una extensión u superposición de esas redes. Las redes WIMAX pueden ser extendidas para alcanzar a los *hot spots* y pueden extender la capacidad de las redes 3G con un énfasis en la oferta de servicios de datos y aplicaciones.

La promesa de WIMAX hoy día, es la de un radio estandarizado, de bajo costo que entrega servicios de categoría *Carrier* y que funciona bien en la Última Milla donde no hay línea de vista.

#### **2.12.4 Motorola**

Motorola es, y tiene el objetivo de continuar siendo, la compañía líder en WIMAX hasta en el diseño de chips para dispositivos móviles. La compañía invierte de manera sólida en el desarrollo e implementación de WIMAX, desde la infraestructura hasta el silicio de avanzada, el primer chip de Motorola se basará en el estándar 802.16e de funcionalidad WIMAX móvil, y soportará voz, video y datos para las aplicaciones móviles de bajo consumo de energía en equipos y módulos.

Se prevé que estos primeros chips comenzarán a dar apoyo a los dispositivos comerciales con tecnología WIMAX de Motorola en el 2008, para los operadores en América del Norte, Japón y en el resto del mundo, incluyendo Sprint y otros. Motorola está trabajando con sus proveedores de silicio en la fabricación integral de nuevos chips.



### **3. ESTANDARIZACIÓN**

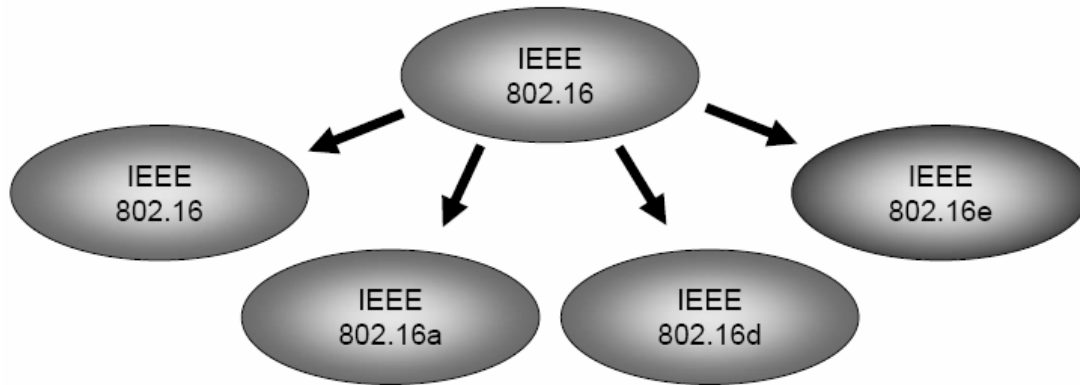
#### **3.1. Historia de la Estandarización de la tecnología WIMAX**

Este conjunto de estándares, empezaron a evolucionar a partir de la versión 802.16, implementada en abril del 2002, la cual se caracterizaba por sus enlaces fijos, con visión directa denominada con hilos(LoS), lo que significa que tenía tanto del transmisor como el receptor, las antenas de los mismos se tenían que ver, para que existiese comunicación, por ejemplo entre dos edificios. Esta versión utiliza la banda de 10 a 66 GHz, capa normal de acceso a los medios (MAC), multiplexación (TDD o FDD), desarrolla hasta una velocidad de 134 Mbps.

Al quererle hacer mejoras a esta versión, dio como origen a la versión 802.16a, pero con mayor banda de ancho y cobertura de hasta 50 kilómetros entre el emisor y el receptor, utilizando la banda de 2 a 1 GHz, se implementó en esta versión la arquitectura punto a multipunto, en redes de malla y lo que la caracterizó principalmente fue que no requiere de visión directa (NLoS) y desarrolla una velocidad hasta 75 Mbps.

El IEEE 802.16a fue prácticamente olvidado, ya que recientemente el foco de atención fue el IEEE 802.16-2004, que también es conocido como 802.16REVd o 802.16-2004. El cual es una mejora del estándar IEEE 802.16a que fue certificado en octubre de 2004. Por otra parte, también está el IEEE 802.16e, otra variación de WIMAX que le sigue al estándar 802.16-2004, lo único que estos dos estándares propuestos tienen en común es que emplean el mismo rango de frecuencia (sub 11GHz). En la figura 9 se muestra las diferentes versiones del estándar WIMAX.

**Figura 9. Versiones de WIMAX**



### **3.1.1 IEEE 802.16-2004**

Conocido también como IEEE 802.16d o 802.16REVd, se caracteriza, de las versiones anteriores, por que va mas orientado a la implementación y colocación por parte de los suscriptores, en pocas palabras que todo le sea mas practico para los abonados o suscriptores, ya que le permite al abonado, que el mismo pueda colocar su equipo, como si fuera una antena de televisión, pero en el exterior de su inmueble, al mismo tiempo este pueda acceder de forma inalámbrica en el interior de su casa, esta versión utiliza comúnmente la banda 2.5GHz con licencia y sin licencia las bandas 3.5 y 5.8 GHz (Esta bandas dependerán de las políticas de acceso inalámbrico del país o región). Esta tecnología mejora los servicios de última milla en los diferentes aspectos:

- Disminuye la interferencia.
- El retraso difundido.
- Mayor robustez.

Es una tecnología reciente de acceso inalámbrico fijo, lo que significa que está diseñada para servir como una tecnología de reemplazo del DSL inalámbrico, para competir con los proveedores de cable de banda ancha o DSL, o para proveer un acceso básico de voz y banda ancha en áreas subastecidas donde no existe ninguna otra tecnología de acceso; los ejemplos incluyen a países en desarrollo y áreas rurales en países desarrollados donde el cable de cobre no tiene un sentido económico.

El 802.16-2004 posee las siguientes características: Cambios en la parte de OFDM, mejor soporte de múltiple entrada múltiple salida (*MiMo*), cambios en preámbulo ( *preamble* ), cambios en portadoras piloto, cambios en el formato de modulación para FCH (*Frame control header*), cambios en la sub-canalización, también es una solución viable para el *backhaul* inalámbrico para puntos de acceso Wi-Fi o potencialmente para redes celulares, en particular si se usa el espectro que requiere licencia. Finalmente, en ciertas configuraciones, WIMAX Fijo puede usarse para proveer mayores velocidades de datos y, por lo tanto, puede usarse como una opción de reemplazo de T-1 para abonados corporativos de alto valor.

En general, este estándar utiliza el CPE (*consumer premise equipment* – Equipo de Usuario) consiste de una unidad exterior (antena, etc.) y un módem interior, lo que significa que se requiere que un técnico logre que un abonado residencial o comercial esté conectado a la red. En ciertos casos, puede usarse una unidad interior autoinstalable, en particular cuando el abonado está relativamente cerca de la estación base transmisora. Es probable que la tendencia a tener unidades interiores autoinstalables se desarrolle más notoriamente en los próximos años.

Mientras lo hace, la tecnología inalámbrica fija introduciría un grado de capacidad nómada ya que el abonado podría viajar con el CPE y usarlo en otras ubicaciones fijas: oficina, hotel y cafetería, etc. Además, los CPE auto instalables hacen que el 802.16-2004 fuera económicamente más viable ya que una gran parte del costo de adquisición del cliente (instalación; CPE) se reduce en forma drástica.

### **3.1.2 IEEE 802.16-e**

Es una mejora del estándar 802.16-2004 y lo que lo caracteriza es que esta orientado al mercado móvil y con la utilización del acceso múltiple por división ortogonal de frecuencia (OFDMA), pretende dar mejores servicios y beneficios, y sobretodo mejor señal, ya que esta utiliza y agrupa subportadoras múltiples en subcanales, lo que crea mayores ventajas, por ejemplo: un abonado dentro de un enlace de transmisión, puede utilizar todos los subcanales o viceversa un conjunto de abonados pueden seleccionar uno o muchos subcanales en forma paralela..

Es una banda ancha móvil y está diseñado para ofrecer una característica clave de la que carece el 802.16-2004: portabilidad y con el tiempo, movilidad a toda escala. Este estándar requiere una nueva solución de hardware/software de adaptación con el anterior 802.16-2004, el estándar 802.16e, trata de incorporar una amplia variedad de tecnologías propuestas, algunas más comprobadas que las otras.

Utiliza S-OFDMA (*scalable*-OFDMA) tanto en el enlace ascendente como en el descendente. S-OFDMA significa que el número de tonos OFDM aumenta, o escala (de 128 tonos hasta 2.048 tonos), basándose en la calidad de la señal de RF para un usuario en particular, los requerimientos del usuario y el ancho de canal de radio que se usa. S-OFDMA permite a múltiples usuarios

transmitir al mismo tiempo dando como resultado una eficiencia mejorada de red y una mejor experiencia del usuario.

Como se puede observar a lo largo de la evolución de estos estándares es que pueden ser implementados en diferentes segmentos de mercado, dependiendo de los limitantes de cada operadora, pero lo principal es que cada vez que surge una nueva versión, esta posee las mismas características que la anterior, pero con valores agregados, en este caso la versión 802.16e, lo que lo hace diferente de la anterior versión, es que se puede utilizar enlaces físicos múltiples, pero sobre todo la portabilidad y movilidad, esto genera una gran ventaja, especialmente para los proveedores que apoyan esta nueva tecnología, ya que esta permite tener así misma escalabilidad y interoperabilidad, como por ejemplo la implementación con otras tecnologías como WIFI o 3G

### **3.1.3 WiBro**

Otra sigla que vale la pena mencionar es *WiBro (Wireless Broadband – Banda Ancha Inalámbrica)*. *WiBro* es una iniciativa de Corea del Sur y una oportunidad para que el país establezca una tecnología inalámbrica local, algo parecido a lo que los chinos están haciendo con TD-SCDMA. *WiBro* ahora probablemente será incluido en el proyecto general del 802.16e, haciendo así otro perfil potencial de WIMAX.

Específicamente, *WiBro* es un sistema basado en TDD que opera en un canal de radio de 9MHz a 2.3GHz con OFDMA como su tecnología de acceso. De acuerdo a quienes lo proponen, *WiBro* soporta usuarios viajando a velocidades de hasta 120km/h (anteriormente se publicitó que estaba limitado a 60km/h) y velocidades máximas de usuario de 3Mbps en el *downlink* (enlace

descendente), 1Mbps en *uplink* (enlace ascendente) y 18Mbps de rendimiento máximo del sector en el *downlink* y 6Mbps en *uplink*.

Las velocidades de datos de usuarios promedio se publicitan como superiores a 512kbps, y con el radio de la celda limitado a 1km, será ampliamente desplegado en áreas densamente pobladas. Inicialmente, *WiBro* fue percibido como una solución portátil, aun cuando no podía soportar usuarios móviles, ya que la tecnología no soportaba *handoffs* de celdas ininterrumpidos. Con su potencial futura adopción dentro de la familia de perfiles de WIMAX, podría existir un deseo de introducir movilidad vehicular, o *handoffs* casi ininterrumpidos.

## **3.2. Visión y Misión de los proveedores de WIMAX**

### **3.2.1. Visión**

Nuestro papel es asegurarnos que todos puedan llevar su computadora portátil (*Laptop*) a cualquier lugar, y que exista una red a la que puedan acceder inalámbricamente. Nuestra estrategia es asegurarnos que la tecnología WIMAX y todos sus productos tengan un costo efectivo suficiente, logrando así que en cualquier lugar cuenten con los equipos y antenas necesarios, para que la gente pueda conectarse en cualquier parte, a espacio abierto, sin restricciones y que también pueda desplegar redes inalámbricas alrededor del mundo.

### **3.2.2. Misión**

Que en un período de 5 años, WIMAX sea la tecnología dominante para redes inalámbricas y se constituya como una alternativa a las tecnologías celulares y llegue hacer completamente móvil para que pueda proporcionar acceso de banda ancha de bajo costo en nuevas regiones y promueva fondos

de cobertura social, para llegar a las comunidades más alejadas que requieren de servicios de telecomunicaciones, donde el acceso a Internet no ha podido ser práctico hasta ahora.

### **3.3. Objetivos de los proveedores de la tecnología WIMAX**

#### **3.3.1 Objetivos generales**

- Estudiar el fenómeno en la gestión de cambio que se encuentra en los paradigmas de la conectividad inalámbrica en cualquier lugar, momento y dispositivo.
- Realizar proyectos de cobertura social, promover el uso de Internet de banda ancha; reducir los costos de los diferentes servicios; y presentar las regulaciones de la tecnología WIMAX.
- Crear una red de comunicación inalámbrica alternativa a las redes de telefonía celular

#### **3.3.2. Objetivos específicos**

- Trabajar con la industria para reducir drásticamente el costo y aumentar la disponibilidad de las tecnologías inalámbricas de banda ancha, éstos incluyen la tecnología de red de área local inalámbrica 802.11 (WLAN) y de red de área metropolitana inalámbrica 802.16 (WMAN).
- Proporcionar los componentes para conectar a los próximos cinco mil millones de usuarios a Internet y verdaderamente originar la revolución

inalámbrica de banda ancha y acabar con la banda ancha cableada y hacer a la tecnología inalámbrica la plataforma clave del futuro.

- Proporcionar una alternativa o complemento a la tecnología de tercera generación (3G).
- Proporcionar una infraestructura de comunicaciones viable y económica para países en vías de desarrollo y a las regiones con hoyos de comunicación móvil en países desarrollados.
- Mejorar, simplificar y abaratar el acceso a la Internet.

### **3.3.3. Objetivos en materia de telecomunicaciones de la Tecnología WIMAX**

1. Ampliar la cobertura de las comunicaciones.
2. Mejorar la calidad de los servicios.
3. Proporcionar un entorno de competencia.
4. Fomentar la innovación tecnológica.

### **3.4. ¿Quién está tras WIMAX?**

Sus impulsores son un grupo de empresas conocido como el WIMAX Forum. Fundado en junio de 2001, ha saltado de 67 adherentes iniciales a más de 300, lo que le asegura una buena base de apoyo, en especial al contar entre sus filas con nombres tan prestigiados como Intel, Nortel Networks, Nokia, Fujitsu, AT&T, Samsung, Siemens y algunos operadores y varios de los principales OEM: Alcatel, Ericsson, Lucent, Motorola, Nortel y Siemens, para nombrar solo algunos.



### **3.5. ¿De qué se trata WIMAX?**

Pretende un reemplazo inalámbrico para los actuales sistemas de cable y suscriptores de líneas asimétricas digitales en sus siglas ADSL(*Asymmetric Digital Subscriber Line*). La idea es que, en vez de seguir cableando las ciudades con todos los costos que ello involucra, se provea a los usuarios con un sistema de banda ancha más económico que la actual Internet satelital.

### **3.6. Ventajas**

#### **3.6.1. Ventajas generales**

Permite conexiones de alta velocidad en un radio de hasta 50 kilómetros a la redonda. Puede alcanzar una velocidad de transferencia de datos de entre 10 a 75 Mbps (megabites por segundo). WIMAX cuenta con el respaldo de gran parte de la industria. Cisco, AT&T, Sprint, Nortel Networks, Fujitsu Microelectronics, Samsung y Motorola son algunos de los fabricantes y operadoras que soportan el estándar 802.16.

Para hacernos una idea de las ventajas de esta tecnología, seis puntos de acceso con este sistema dan cobertura de 360 grados para 1.200 abonados a un costo de unos 6.000 euros, mientras que, con otras tecnologías de sistemas multipunto, una red de 500 abonados cuesta una media de 96.000 euros, como podemos ver la diferencia, tanto en costo como radio de cobertura es abismal, eso sin hacer hincapié en la tasa de transferencia.

El posicionamiento de WIMAX (802.16) como el protocolo de acceso inalámbrico para redes metropolitanas (WMAN) completa el de *Bluetooth* (802.15) para la PAN (*Personal Area Networks*) y el de WIFI (802.11) para las redes LAN.

Otra ventaja es que las estaciones base de WIMAX no son caras. Mediante antenas externas y "routers" la señal llega finalmente a las oficinas y casas y da conexiones de Internet tanto a ordenadores como a los móviles.

Lo que buscan los proveedores de WIMAX, es la construcción de diferentes dispositivos que permitan una fácil instalación y una mejora a nivel costo/beneficio tanto para ellos mismos, como para los mercados metas, como por ejemplo: que cualquier abonado o cliente final, pueda colocarlo en su casa el mismo, buscándose así en un futuro a corto plazo, la expansión de redes, con dispositivos estándares que implementen esta tecnología y que esta a su vez sea compatible u operable con otras tecnologías ya sea alámbricas, como inalámbricas.

Con tecnología WIMAX, Internet llegará a través de señales de radio esa es la ventaja que tiene frente a los servicios basados en cables (como los de cable y DSL). Podría permitir la creación de una Internet paralela, ciudadana, a espaldas del mundo empresarial actual.

### **3.6.2. Ventajas para los operadores**

Si eligen equipos interoperables y basados en estándares, los operadores disfrutarán de nuevas ventajas a la hora de implementar sus sistemas inalámbricos, como: Las economías de escala que hace posible el estándar en costes de equipos inferiores. Los operadores no se convierten en cautivos de un único proveedor, ya que las estaciones base funcionarán con las estaciones de abonado de diferentes fabricantes.

Por último, los operadores se beneficiarán de equipos de menor costo y mayor rendimiento, puesto que los fabricantes de equipos desarrollarán rápidamente innovaciones sobre una plataforma común basada en estándares.

### **3.6.3. Ventaja clave para los mercados emergentes**

En los mercados emergentes, donde la infraestructura cableada puede ser limitada actualmente, esta tecnología resulta muy atractiva. Imagínese poder instalar una antena y ofrecer acceso de alta velocidad a Internet a miles de clientes que actualmente apenas tienen acceso a Internet o ni siquiera disponen de servicios de telefonía fija. El potencial es enorme en países como India, México y China, donde el "cableado" de los países encarecería excesivamente el acceso de banda ancha a Internet.

### **3.6.4 Ventajas para grandes empresas**

La solución WIMAX no sólo permite conexiones a Internet mediante IP y TDM, sino también voz sobre IP, así como transmisión de video en tiempo real y a altas velocidades. Transmite y recibe datos a una velocidad máxima de 75 Mbps por segundo, 35 veces la velocidad del ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), en un área de hasta 50 kilómetros.

Eso permitirá ofrecer servicio de Internet a alta velocidad en toda una ciudad, de manera inalámbrica (competirá con los servicios basados en cables, y suscriptores de líneas asimétricas digitales en sus siglas ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)).

Las grandes empresas de telecomunicaciones podrían usarla para la creación de una plataforma común para sus distintos clientes, definiendo perfiles para las grandes empresas, los usuarios, hogar, *pymes*, etcétera,

dejando de depender de las líneas telefónicas o redes de TV cable, actualmente en manos de unas pocas compañías.

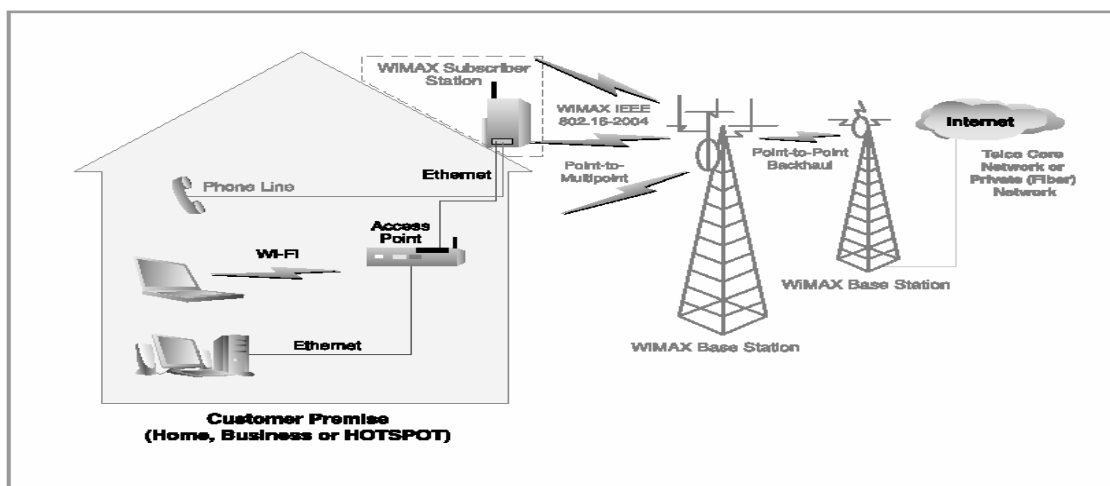
Las compañías se beneficiarán en su modelo de negocios con el acceso sin cables a los datos: la telefonía móvil ampliará su capacidad de servicios al combinar tecnologías para la transmisión de información; la industria de entretenimiento llevará a los hogares contenidos de multimedia (gracias a la banda ancha) y los operadores de telecomunicaciones tendrán la opción de aumentar su portafolio de productos y servicios.

### **3.6.5. Ventajas para usuarios finales**

Otra gracia de esta plataforma o tecnología, será la posibilidad de auto instalación donde sólo habrá que conectar los computadores a una caja-módem, e ingresar un *password* para la facturación por el uso, para conectarse a través de las antenas que llevarán el servicio al área. Para los usuarios representaría mayor cobertura, más ancho de banda y menor precio.

Plataformas comunes, estándar de conexión, multilocalización de la señal de radio, anchos de banda parejos al cable, telefonía fija y móvil y televisión bajo demanda unificados en un mismo servicio y factura. En la figura 10 se muestra la topología de una red WIMAX y todos los servicios que proporciona al usuario final.

**Figura 10. Topología de la red de WIMAX de los servicios para el usuario**



### 3.7. Desventajas

A mayor distancia de la estación proveedora, menor velocidad a partir de los kilómetros de cobertura de un determinado estándar de la tecnología WIMAX (802.16, 802.16a, 802.16x, etc.).

Otra desventaja de WIMAX es la lucha contra los grandes operadores celulares ya que esta llegando más tarde al mercado.

### 3.8. Aspectos Económicos, Técnicos de la tecnología WIMAX

#### 3.8.1. Aspectos Económicos

WIMAX está considerada como una alternativa más barata a las líneas de suscripción digital y a los accesos de cable de banda ancha, ya que los costes de instalación de una infraestructura inalámbrica son mínimos si se comparan con las versiones alámbricas. Además, permitirá llevar la banda ancha a zonas remotas en las que no existe cable ni ADSL. El costo-beneficio

de una red WIMAX es mucho mejor, ya que con menos equipos se alcanza una mayor área, es por eso que también es una alternativa muy viable a lo que es la fibra óptica.

Su bajo precio estaría relacionado con que los fabricantes no tendrían que producir para un solo cliente. Esta es una oportunidad de volumen para ellos. De este modo, ese ahorro se traspasaría a los usuarios a través de un descenso de las tarifas, que también estaría relacionado en la competencia que esto generaría entre ellos.

### **3.8.2. Costos**

Analistas auguran un rango de costos cercano a los 30.000 dólares para las antenas base fijas (celdas) y de 400 dólares para las antenas WIMAX que deberán instalarse en hogares y empresas. Los costos comparativos de llevar Internet de banda ancha por cable son muy superiores, si se tiene en cuenta que para ello se debe cablear la zona.

Se tiene que tomar en cuenta que la mayor cantidad de sitios de celda, como resultado del uso de bandas de frecuencia más altas, eleva los costos de adquisición, arrendamiento y de construcción de los sitios, independientemente de la tecnología que se despliega. Por ejemplo: El costo de adquirir un sitio en América del Norte fácilmente puede ascender a los \$25.000, aparte de los costos de arrendamiento que se paga, mientras que un operador podría tener que invertir hasta \$75.000 en costos de construcción para diseñar y hacer funcionar el sitio, si suponemos que el operador empieza de cero.

Además, los desafíos logísticos de conseguir suficientes sitios para desplegar una red móvil ubicua pueden ser importantes, independientemente

del factor costo. Los operadores de Europa ahora están intentando buscar suficientes sitios para sus redes UMTS que se están superponiendo a sus redes 900/1800MHz GSM. Por consiguiente, es natural que la logística de encontrar suficientes sitios para una red WIMAX móvil ininterrumpida en 3.5GHz, sin mencionar el impacto en los costos, sea incluso más desalentadora.

Esta es una de las razones por las cuales los potenciales operadores WIMAX quieren usar bandas de frecuencias más bajas (por ejemplo, 2.5GHz y más bajas). Dicho esto, es probable que WIMAX tenga una estructura de menor costo respecto de la red núcleo o la porción de la red que se encuentra “detrás” de las estaciones base.

Específicamente, WIMAX utiliza un núcleo todo IP lo que significa que es escalable y, por tanto, puede soportar un mayor nivel de tráfico de usuarios para una cantidad dada de recursos de la red. Además, WIMAX usa *routers* comerciales por oposición a una combinación de interruptores de circuitos y otros componentes de la red que, aunque son similares a los *routers* comerciales, han sido diseñados especialmente para que se empleen en una red celular.

Puede deducirse que la mejor alternativa es la implementación de WIMAX con WIFI, por medio de redes de malla, ya que se disminuyen costos, sobre redes ya existentes de WIFI, que se quisieran expandirse o cubrir la última milla y diseñar e implementar una red de área metropolitana, ya que con la utilización de una antena inteligente, administrada por WIMAX, se puede cubrir la última milla y expandir la red de malla.

Esto indica que WIMAX, puede servir como *backhaul* o red de retorno, la cual puede expandir a cualquier LAN ya se cableada, como inalámbrica, y con

la inversión en algunas antenas inteligentes y la configuración de las mismas, se puede cubrir a toda una ciudad o pueblo, a menor costo y mejores servicios.

### **3.8.3 Aspectos Técnicos**

Las consecuencias económicas y técnicas que acarrearía WIMAX en el mediano plazo son:

1. Mejorar, simplificar y abaratar el acceso a la Internet.
2. Crear una red de comunicación inalámbrica alternativa a las redes de telefonía celular.

Una vez conectados a una red WIMAX, podríamos hacer llamadas utilizando *VoIP*, a cualquier lugar del mundo, chatear vía un servicio de mensajería instantánea, enviar mensajes SMS, acceder a cursos interactivos y muchas cosas más sin pagar cantidades exorbitadas por dichos servicios.

Las redes WIMAX competirán con las redes celulares. La competencia siempre es buena porque obliga a que las compañías se esfuercen en ofrecer un valor agregado a los clientes, reduce los precios y va rompiendo, de a poco, la brecha digital. Por 30.000 dólares, se puede obtener su propia antena WIMAX para un máximo de 1.000 personas y por 10 dólares al mes se llegara a tener banda ancha ilimitada, con cobertura internacional.

### **3.8.4 Desafíos técnicos y comerciales**

Todas las tecnologías emergentes hacen frente a sus propios desafíos que deben superar para convertirse en un éxito técnico y comercial. Sucede lo mismo con WIMAX. Para WIMAX, los desafíos incluyen una propagación de frecuencia radial (RF) desfavorable en el espectro relativamente alto que se



está considerando en algunas situaciones, la cantidad de trabajo sin terminar que debe realizarse fuera de la estandarización del IEEE para que los equipos tengan la certificación WIMAX, así como sus méritos económicos en relación con 3G y otros servicios inalámbricos de banda ancha que existen en la actualidad.

### **3.9. Hardware y software que utiliza WIMAX**

#### **3.9.1 Antenas Inteligentes (*smart antenas*)**

Estas antenas son similares a las utilizadas por operadoras que prestan el servicio de 3G o de telecomunicaciones, la ventaja de estas es la utilización del espectro ya que se puede alcanzar hasta 5 bps/Hz, comparada aproximadamente con 2 bps/Hz de WIFI, se debe de tomar en cuenta que la calidad del espectro dependerá de la configuración y posición de las mismas.

Debido al desempeño y a la tecnología, algunos estándares de WIMAX soporta varios tipos de antenas inteligentes adaptables, tales como:

- Antenas receptoras de diversidad espacial.

Implica más de una antena receptora de la señal. Por lo que se debe de tener cuidado en la colocación o instalación de las mismas, ya que estas entre si pueden generar interferencia entre ellas. Todo dependerá de las especificaciones especiales de cada antena y sobre todo implica la realización de pruebas

- Antenas de diversidad simple.

Estas son conocidas como antenas receptoras, ya que detectan a las antenas múltiples. Cuanto más incoherentes sean las antenas entre

las que se pueda elegir, mayor será la probabilidad de conseguir una señal fuerte.

- Antenas orientadoras de haces.

Forman el diagrama de la red de antenas para producir grandes amplificaciones en la dirección de la señal útil o lengüetas que rechazan la interferencia.

- Antenas formadoras de haces.

Estas optimizan la frecuencia, ya que dividen el area donde se encuentra la antena en sectores y sobre los mismos distribuye la frecuencia.

Una sola antena WIMAX daría cobertura a 1.000 usuarios con una ADSL de 1 Mbit. Intel y los fabricantes de teléfonos móviles, como Nokia o Siemens, están fabricando diseños de terminales capaces de conectarse a estas nuevas redes. Mientras se desarrollan estos nuevos dispositivos, WIMAX funcionará con una pequeña antena receptora, que se instala en el exterior de los edificios.

En una segunda fase, los creadores de esta tecnología confían en desarrollar receptores que funcionen desde el interior del edificio hasta que el estándar consiga llegar a los portátiles y móviles sin que sea necesaria más instalación que la que hoy supone enchufar una tarjeta WIFI al ordenador. En la figura 11 se muestra un modelo de una antena inteligente WIMAX.

**Figura 11. Antena Inteligente WIMAX**



### **3.9.2 Redes malladas (*mesh networks*)**

Estas permiten alta disponibilidad de comunicación entre los abonados o usuarios de la red, por medio de un enrutamiento óptimo, lográndose así que no exista visión directa entre los mismos.

### **3.9.3. La interfaz de banda ancha Intel PRO/Wireless 5116 (*Rosedale*)**

Es el primer sistema sobre chip 802.16-2004 optimizado para su empleo en módems WIMAX rentables y en pasarelas residenciales para acceso a la red. Estas unidades se pueden instalar en hogares o empresas para recibir y transmitir una señal inalámbrica de banda ancha. El producto ha sido diseñado con un alto nivel de integración para facilitar el proceso de desarrollo y reducir los costes a los fabricantes de equipos. También ofrece una arquitectura programable para simplificar a los fabricantes de equipos la incorporación de aplicaciones únicas e innovadoras en la solución de Intel basada en estándares.

Para llevar la conectividad WIMAX a la mayor cantidad de personas, la interfaz de banda ancha Intel PRO/Wireless 5116 permite la creación de productos WIMAX para el exterior, además del desarrollo de nuevas soluciones para interiores como, por ejemplo, los módems WIMAX auto instalables y las pasarelas residenciales para acceso a la red.

Asimismo, los principales fabricantes de equipos han anunciado el desarrollo de sus propios productos basados en la interfaz de banda ancha Intel PRO/Wireless 5116, incluyendo Airspan, Alvarion, Aperto Networks, Axxcelera Broadband Wireless, Gemtek, Huawei, Proxim Corporation, Redline Communications, Siemens Mobile, SR Telecom y ZTE.

Las soluciones WIMAX basadas en el estándar 802.16-2004 permiten la creación de redes inalámbricas fijas y de alta velocidad mediante banda ancha para proporcionar conectividad a Internet, prestaciones IP, capacidad *TDM Voice* y video en tiempo real basado en IP a altas velocidades.

### **3.10. Medios de Acceso de la tecnología WIMAX**

#### **3.10.1. Tarjeta para estaciones base WIMAX**

Denominada como el diseño de Glenfield es la primer tarjeta o placa de Intel para infraestructuras WIMAX, la placa está basada en un procesador de red Intel con funciones MAC (control de acceso a medios) y en un componente de nivel físico de *PicoChip Designs*, y es adaptada por los fabricantes de estaciones base para cubrir sus necesidades.

Glenfield se construyó utilizando ATCA (*Advanced Telecom Computing Architecture*), promocionado por Intel como el diseño estándar para los equipos

de red. La compañía considera que la adopción de ATCA en los equipos de operadores permitirá dar el salto de las arquitecturas propietarias actuales a sistemas modulares que puedan desplegarse rápidamente y a un menor coste utilizando componentes de diversos fabricantes.

Los fabricantes de sistemas podrían utilizar la tecnología de Glenfield tanto en equipos basados en ATCA como en sistemas propietarios. Además, la adopción de esta placa permitiría construir dos tipos de estaciones base WIMAX. Glenfield está en principio diseñada para estaciones base de alta calidad, similares a los actuales equipos celulares, con cajas de procesamiento independientes y antenas, y que puede instalarse en las torres de móviles.

Otro tipo de estaciones base serían más pequeñas y menos costosas y podrían situarse en los edificios o en los postes eléctricos; este tipo podría utilizarse tanto para frecuencias con o sin licencia. En la figura 12 se muestra un modelo de una antena base WIMAX.

**Figura 12. Base o Terminal de WIMAX**



### 3.11. Tratamiento de los Problemas de Interferencia y Calidad de Servicio.

La interferencia es la interrupción o degradación de una señal transmitida por energía RF ajena. La interferencia impide que un receptor RF distinga entre la señal transmitida y la energía RF de fondo que existe en ese punto específico de tiempo.

Las causas de energía RF ajenas pueden ser:

- **Ruido**

Las fuentes de energía que no están en el mismo espectro RF pero que aún así afectan al receptor RF debido a la armonía o *bleed-over* en bandas de frecuencia RF o canales adyacentes. Un sistema de teléfono celular, por ejemplo, puede generar este tipo de ruido.

- **Superposición directa por fuentes no identificadas**

Fuentes de energía RF que están en el mismo espectro RF pero que no pueden ser identificadas por el receptor RF porque usan un protocolo RF o esquema de codificación/modulación diferentes.

- **Superposición directa por fuentes identificadas**

Fuentes de energía RF que están en el mismo espectro RF pero que pueden ser identificadas por el receptor RF porque usan el mismo protocolo y esquema de codificación/modulación que el receptor RF. Por ejemplo: dos instalaciones de Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS) 802.11b\* DSSS pueden “oírse”, estando o no en la misma estructura física.

## **La energía RF ajena puede ser tratada por:**

- **Estándares**

El estándar IEEE 802.16-2004 implementa la subcanalización OFDM y soporta modulación adaptable, lo que permite que la velocidad de datos y la calidad del enlace se equilibren dinámicamente, basándose en la calidad del enlace y las condiciones del canal.

Por lo general se pasa por alto al enfoque del proyecto tomado en la capa MAC del 802.16-2004, a pesar de ser esencial para eliminar la interferencia RF indeseada. La naturaleza multipunto de la capa MAC permite que cientos de sitios fijos compartan una misma estación base en un radio de muchos kilómetros.

La capa MAC del 802.16-2004 asigna ancho de onda a dispositivos móviles dinámicamente usando acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Por el contrario, la capa de Control de Acceso a Medios (MAC) usa mecanismos de detección de la portadora y de contención para ofrecer control de ancho de banda.

- **Proyecto de red correcto**

Incluye implementar una medición del sitio y acceso 24 horas por día, los 7 días de la semana, a estructuras y estaciones base. La interferencia causada por la mayoría de fuentes de energía RF (efecto de campo lejano) pueden reducirse y mejorarse la QoS al localizar puntos de conectividad de la red inalámbrica, tales como torres y puntos de acceso cercanos a los clientes y ofrecer múltiples opciones para que el cliente seleccione la “mejor” conexión RF en un determinado momento.

La baja latencia soporta aplicaciones sensibles a la demora tales como video o voz sobre IP (*VoIP*) y asignación de prioridad al tráfico de datos.

Al implementar Sistemas de Posicionamiento Global (*GPSs*) dentro de estaciones base y usar sincronización basada en GPS se pueden evitar problemas a nivel intersectorial y entre estaciones base al identificar la localización de la estación base y la localización de la posible interferencia entre estaciones, así como sincronizar horarios de transmisión RF.

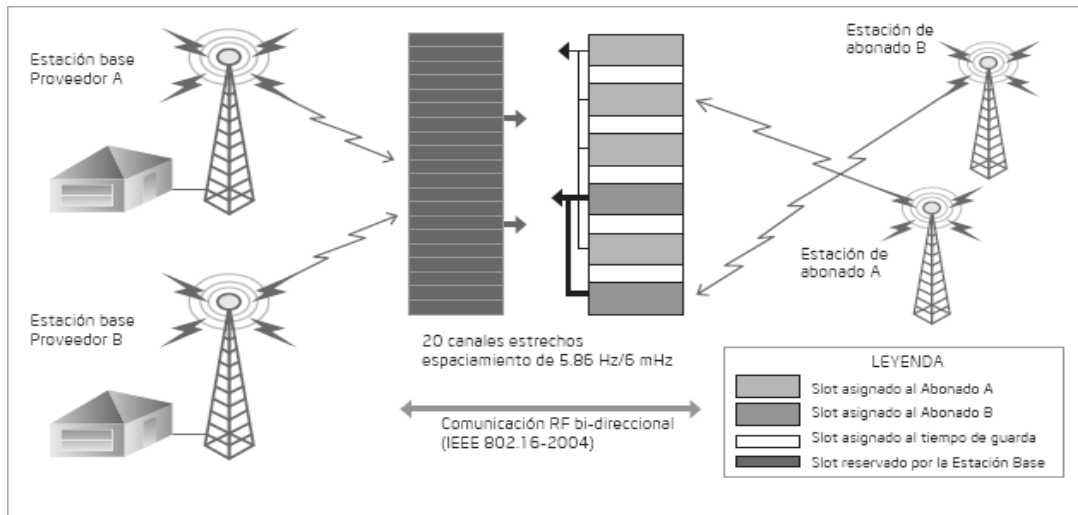
- **Amplificadores de potencia y tecnologías de antena**

Implementación de la sectorización y polarización de antenas para ayudar a minimizar los efectos de las fuentes de interferencia de energía RF a una distancia del receptor (efectos de campo lejano). Controlar la dirección de la antena y de la potencia puede ayudar a disminuir la interferencia pero pueden aumentar los costos.

La canalización OFDM controla el ruido y ayuda a administrar el espectro como se muestra en la Figura 13.



**Figura 13. Mejora de la flexibilidad usando tecnología de canalización y de antenas inteligentes**



- **Filtración**

Implementación de filtros de paso de banda para minimizar los efectos de fuentes de energía RF que están fuera del espectro operativo del receptor o dentro de un canal específico del espectro operativo (tanto efectos locales como de campo lejano).

- **Protección**

Implementación de una protección de RF dentro de un contenedor del receptor para asegurarse de que las fuentes de energía RF localizadas no estén penetrando en el equipo de modo diferente que por antena o coax (efectos de campo local).

- **Reuso**

Implementación del esquema de reuso de canal o frecuencia para que el receptor no cree su propia fuente de energía RF ajena (efecto de campo local).

### **3.12. El futuro de WIMAX**

El fuerte impulso que ha tenido la tecnología de redes sin cables a escala mundial ha permitido que grandes investigadoras de mercado como IDC, *Forrester* y Jupiter, hagan prometedoras proyecciones respecto a su uso e implementación. Al mismo tiempo, la inversión de compañías como Intel en tecnologías como UWB (*Ultra Wide Band*) y WIMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), con las que disponer de conectividad de banda ancha para señales de voz y datos capaces incluso de cubrir grandes zonas metropolitanas, han impulsado las previsiones en diferentes áreas de uso.

No sólo las compañías se beneficiarán en su modelo de negocios con el acceso sin cables a los datos, la telefonía móvil ampliará su capacidad de servicios al combinar tecnologías para la transmisión de información, la industria de entretenimiento llevará a los hogares contenidos de multimedia (gracias a la banda ancha) y los operadores de telecomunicaciones tendrán la opción de aumentar su portafolio de productos y servicios. Estudios conjuntos de IDC y *Forrester* señalan que el 57 por ciento de las redes inalámbricas para el 2008 estarán instaladas en empresas, lo que corrobora el fuerte crecimiento (del 45 por ciento anual) que actualmente tienen las redes LAN inalámbricas (WLAN).

La firma de investigación de mercado *TelecomView* ha llevado a cabo un estudio cuya conclusión es que la tecnología inalámbrica WIMAX podría

acaparar parte de la cuota de mercado de la tercera generación de telefonía móvil y DSL, destacando que si bien en algunos casos podría complementarlas, en otros podría sustituirlas.

Las predicciones muestran que WIMAX será el claro ganador entre las nuevas tecnologías inalámbricas de alta velocidad, y captará el 70 por ciento de este segmento de mercado para 2009 debido a su alto rendimiento y flexibilidad comparado con las alternativas. La 3G será importante para su movilidad, pero WIMAX competirá directamente con la DSL.

Intel y los miembros del grupo de trabajo del estándar IEEE 802.16 están trabajando en la evolución de la operación fija a la portabilidad y movilidad. La enmienda IEEE 802.16e corregirá la especificación base para habilitar no sólo la operación fija, sino también la portátil y la móvil. Los grupos de trabajo de IEEE 802.16f e IEEE 802.16g se encargan de las interfaces de administración de la operación fija y móvil.

En un escenario totalmente en movimiento, los usuarios podrán desplazarse mientras tienen acceso de datos de banda ancha o a una sesión de transmisión en tiempo real de multimedia. Todas estas mejoras ayudarán a hacer que WIMAX sea una solución aún mejor para el acceso inalámbrico y el acceso de Internet para economías en crecimiento.

En lo que respecta a tecnología celular, como los operadores celulares cambian a sistemas basados en IP de cuarta generación, se sostendrán de WIMAX tanto como lo están haciendo con el más limitado WIFI. Para países en desarrollo como China, el mercado potencial más grande para usuarios de banda ancha, WIMAX se convertirá en la solución dominante.

Si WIMAX sigue obteniendo más apoyo de la industria, también puede proveer acceso de banda ancha en regiones alejadas y partes del mundo en desarrollo donde el acceso básico de voz o banda ancha mediante un servicio de línea fija no es económicamente viable. Además, WIMAX potencialmente puede usarse para proveer *backhaul* a redes celulares o puede usarse para mejorar en forma significativa el rendimiento de los puntos de acceso con redes inalámbricas Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), aumentando el rendimiento de la red de *backhaul* y haciendo más fácil y económico desplegar Wi-Fi.

Además, para cuando la versión móvil de WIMAX esté disponible con una gran cantidad de terminales ofrecidas por una gran variedad de proveedores, las redes de datos 3G avanzadas que usan 1xEV-DO y HSDPA estarán extensamente disponibles en un ecosistema bien establecido.

Los principales proveedores de *notebooks* también reconocen que sólo pueden servir a un número limitado de soluciones RF (radiofrecuencia) en sus *notebooks*. Para que una *notebook* contenga una solución WIMAX incorporada, deberá reemplazar una tecnología inalámbrica existente y conocida. Las soluciones embebidas de 3G ya están disponibles, y más soluciones deberían estar disponibles para los próximos años.

Finalmente, una vez que el proceso de certificación de WIMAX para el estándar inalámbrico este completo será posible la interoperabilidad de múltiples fabricantes lo cual significa que los operadores ya no tendrán que limitarse a los productos de un solo fabricante.

## **4. APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA WIMAX**

La tecnología WIMAX permite realizar comunicaciones punto a punto o punto a multipunto y ofrece de acuerdo a sus diferentes estándares, servicio inalámbrico desde bases fijas hasta el servicio inalámbrico móvil, por lo que esta entrando a la competencia contra redes celulares (E1, T1), ya que la implementación de WIMAX, es mucho barata que estas.

Esta tecnología, funciona de manera similar a las actuales redes inalámbricas de tecnología WIFI, en donde una estación base con una antena o un punto de acceso, controla el acceso inalámbrico de los equipos a la red. De esa manera, los empleados de una compañía puede utilizar desde su portátil o computador de mano todos los recursos de la red, sin necesidad de una conexión por medio de un cable y poder navegar por Internet, leer el correo interno, usar la intranet, imprimir documentos, acceder a las bases de datos, etc.

WIMAX puede implementarse en forma individual, ya que esta capacitada para mantenerse dentro de la industria inalámbrica, pero también puede utilizarse o complementar las tecnologías existentes, como WIFI y 3G, ya que puede unificar los puntos de conexiones en zonas publicas de las tecnologías inalámbricas existentes a un menor costo operativo y con la alternativa de no crear enlaces fijos.

### **4.1 Beneficios de WIMAX a los países en desarrollo**

1. Costos de despliegue de red sensiblemente inferior a los de cualquier otra tecnología inalámbrica o de comunicaciones.

2. La posibilidad de introducir a su población en el universo de las nuevas tecnologías, permitirá conectar a Internet más de 1000 mil millones en todo el mundo, que están alejados de las redes de cobre, cable o fibra.
3. Plataformas comunes, estándar de conexión, multilocalización de la señal de radio, anchos de banda parejos al cable, telefonía fija y móvil y televisión bajo demanda unificados en un mismo servicio.
4. En mercados en desarrollo, tales como los Estados Unidos y Canadá, hay regiones del país en donde la economía de instalar cables o poner DSLAM no tiene sentido. En estos casos, una tecnología de acceso inalámbrico de banda ancha fija podría ser más apropiada. Ya hay una serie de WISP (*Wireless Internet Service Providers*- Proveedores de Servicio de Internet Inalámbrico) en el centro de la nación, y aun en áreas muy urbanas, usando unas de las tecnologías patentadas antes mencionadas.

No todos estos WISP han sido exitosos; los costos de infraestructura total y los números de abonados han sido muy modestos. Sin embargo, la disponibilidad de equipos WIMAX en grandes volúmenes de una cierta cantidad de proveedores podría ayudar a mejorar la economía y, a su vez, aumentar el tamaño del mercado.

#### **4.2. Aplicaciones para la Educación en los Países en Desarrollo**

En las escuelas y bibliotecas en las áreas rurales y remotas sin infraestructura de cables ni servicios de banda ancha pueden conectarse a la banda ancha de manera redituable por medio de WIMAX. Las herramientas de

videoconferencias pueden ayudar a que los alumnos estudien varias materias con los educadores que tal vez no puedan trasladarse a las áreas remotas.

Las clases verbales de escuelas urbanas y de las mejores universidades se pueden transmitir a los estudiantes rurales, y los alumnos pueden usar las instalaciones de banda ancha de WIMAX para comunicarse con los maestros y con sus compañeros de clase a distancia.

WIMAX se ha convertido en una oportunidad atractiva para los nuevos operadores que están naciendo en los países desarrollados, en los que incluyo a operadores de cable y proveedores de servicio, además de que también es una gran oportunidad para atender a aquellos mercados menos desarrollados

#### **4.3. Aplicaciones para la Agricultura y Servicios Médicos**

La agricultura y los servicios médicos también se pueden beneficiar con los servicios de banda ancha que ofrece la tecnología WIMAXM ya que se pueden transmitir imágenes de alta resolución o en tiempo real de las plagas a los expertos agrícolas en algún lugar geográfico diferente para obtener un consejo experto inmediato, a fin de controlar las plagas más rápidamente.

De la misma forma, los médicos pueden utilizar las videoconferencias en tiempo real para discutir los síntomas de los pacientes con expertos distantes, a fin de ofrecer mejores cuidados a los pacientes, más rápidamente.

#### **4.4. Aplicaciones en América Latina**

Entre los países que podemos mencionar, en los cuales ha trascendido la tecnología WIMAX son:

## Colombia:

La empresa Orbitel, parte de la empresa UNE y las empresas públicas de Medellín ofrece comercialmente el servicio en las ciudades de Cúcuta, Cali, Cartagena, Manizales, Barranquilla, Medellín, Ibagué y Bogotá. Además, Telebucaramanga, filial de Telefónica Telecom provee una red mixta de WiMAX-WiFi [4]. La ciudad Bucaramanga de Colombia, Estreno el 17 de junio del 2005, el revolucionario sistema WIMAX, el cual permite conectarse a Internet de manera inalámbrica desde cualquier lugar de la ciudad a altas velocidades. Es la ciudad colombiana más avanzada en conectividad móvil y pionera en Latinoamérica en esta materia.

El proyecto está en hombros de Telebucaramanga, un operador local, a pesar de ser una empresa de tamaño mediano, descuella en el país por su eficiencia y por la calidad de sus plataformas tecnológicas. Fue una de las primeras empresas colombianas en ofrecer el servicio Adsl, la tecnología mediante la cual los operadores de telefonía fija convencional convierten el modesto alambre de cobre en un canal de banda ancha casi igual a la fibra óptica que utilizan los operadores de cable.

No satisfechos con ello, decidieron modernizar su plataforma y adquirieron de la compañía Ericsson la tecnología Adsl2+, una notable mejora que permitirá que los usuarios del sistema puedan recibir mediante el mismo *modem* servicios de Internet, datos y video, es decir, el famoso 'triple play' del que se gozan en Estados Unidos y otros países y que podría ser la única tabla de salvación promisoría para los operadores actuales de telefonía fija.

---

[4]. Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/WiMAX>



Para llevar a cabo este proyecto Telebucaramanga ha invertido en total 12.000 millones de pesos en sus plataformas tecnológicas, que incluyen 4.000 usuarios de *Adsl*, 16 antenas WIFI y 2 antenas WIMAX. La ingeniosa solución adoptada por Telebucaramanga consiste en instalar dos potentes antenas WIMAX de 20 kilómetros de alcance cada y en medio de ellas, 16 antenas WIFI de un kilómetro de alcance cada una.

Con ayuda de la topografía de la ciudad, una meseta en medio de dos cerros, y colocando una antena WIMAX en cada cerro, esta compleja red puede hacer un barrido total del área metropolitana y prestar el servicio inalámbrico en ese primer gigantesco Hot Spot colombiano. Bucaramanga no tiene edificios muy altos, no hay montañas en medio que interrumpan la señal y la ciudad no está saturada de frecuencias como sucede en otros lugares. La tarifa para gozar de esta novedad es de 10.000 pesos (3,3€) adicionales a la tarifa corriente de 47.000 pesos (15,40€) que pagan los abonados del servicio *Adsl* de Telebucaramanga.

Es decir, por 57.000 pesos (18€) mensuales los usuarios podrán disfrutar tanto el acceso en casa u oficina desde un *modem Adsl* como el acceso inalámbrico en las calles de la ciudad.

### **Argentina:**

En Argentina ya se lleva una de las primeras Redes WIMAX en América Latina, en la localidad bonaerense de San Miguel del Monte. En colaboración con la empresa proveedora de acceso a Internet Millicom, Intel implementó una antena en el corazón de esta ciudad y provee acceso inalámbrico de banda ancha a Internet a toda la localidad, algo que aprovechan tanto los organismos oficiales como los cibercafés, hospital, escuela y empresas. La empresa

argentina Millicom anunció recientemente la implementación de las seis primeras estaciones base WIMAX en Capital Federal y Buenos Aires, y una inversión futura para nuevas aperturas de cinco millones de dólares en los próximos meses.

Esta red con tecnología WIMAX, permite implementar enlaces en menos de 48hrs con velocidades de hasta 10MBps. De esta manera, algo que antes requería meses de puesta en marcha y altos costos de implementación, hoy se puede realizar rápidamente a costos sumamente convenientes, aprovechando todas las ventajas del mundo inalámbrico donde además duplicarán la cobertura geográfica durante el año 2007 mediante la implementación de la nueva tecnología incluyendo, en una primera etapa, las áreas metropolitanas de Capital Federal, Córdoba y Mendoza.

Están surgiendo otras operadoras que están utilizando WIMAX entre las que podemos mencionar Telmex y Velocom, que ofrecen servicios de datos, telefonía e Internet pero con licencia en las bandas de 3,5 y 2,4 Ghz. En febrero de 2007 se presentó en la ciudad de Mar del Plata la primera conexión WIMAX gratuita, presentada por un proyecto de Seasilicon y NexoLineen el Centro Comercial Puerto de la ciudad, permitiendo hasta 500 usuarios simultáneos [5].

### **Paraguay:**

Entre las operadoras más destacadas en Paraguay, que podemos mencionar que están implementado esta tecnología son: Telecel y Telesurf, estas ya han creado sus redes denominadas WIMAX *Ready* para satisfacer la demanda de banda ancha a bajo costo y mayor velocidad.

---

[5]. Fuente: <http://foro.loquo.com/viewtopic.php?t=78310&highlight>

### **Costa Rica:**

En Costa Rica, lo esta implementando el instituto Costarricense de Electricidad en sus siglas ICE, junto con el proveedor de servicio de Internet RACSA, con la creación de una red WIMAX, en la banda de 3.5 Ghz, a través de la compañía fabricante de componentes Airspan y tienen como objetivo a corto plazo cubrir mas de 20,000 usuarios, dentro del mercado o segmento corporativo y residencial.

### **Chile:**

Con el objetivo alcanzar zonas rurales y de utilizar el beneficio que nos proporciona WIMAX, a través de la comunicación sin visibilidad entre antenas, la operadora Entel instalo la primera red WIMAX, que abarca 17 ciudades y pretenden dar servicio a final del 2007 a más de 30,000 usuarios, con una velocidad promedio de 2Mbps y en un futuro a corto plazo proporcionar servicio de voz sobre IP.

### **Venezuela:**

Por medio del acuerdo entre la operadora Omnivision y el fabricante Samsun, estas compañías implementaron una red *Wibro*/WIMAX, dentro de la banda 2.5 Ghz, en donde Samsun promueve sus propios dispositivos como estaciones bases, *PDA*s, etc.

### **El Salvador:**

El operador Telemovil de telefonica, debido a que ya sobrepaso el millon de abonados, pretende utilizar la tecnología WIMAX, con el objetivo de alcanzar el mercado que se encuentra en áreas rurales y que no tiene del acceso a telefonía móvil, por el momento este proyecto se encuentra en el proceso de pruebas, ya que lo piensan lanzar a finales del 2007.

**México:**

Las bandas 3.4 al 3.7, son autorizadas en México, para la utilización de la tecnología WIMAX, entre las operadoras que están utilizando esta tecnología podemos mencionar: AlanDick, esta operadora está implementando una red en alta mar con más de 11 plataformas, en la banda de 3.5 Ghz , así como AXTEL pretende introducir el cuádruple-play (voz, video, datos y movilidad) a través de su red de WIMAX.

**Ecuador:**

En Ecuador existen varias operadoras que están utilizando WIMAX, pero solo están en pruebas, a diferencia de la operadora TV Cable la cual ya tiene su propia red WIMAX, los cuales ya poseen 4000 abonados y pretenden alcanzar 60000 a corto plazo, debido al potencial del mercado que no posee telefonía móvil.

**República Dominicana:**

La operadora que más énfasis le ha dado a esta tecnología es ONEMAX, la cual ya posee su propia red de WIMAX, en Santo Domingo y proporciona por medio de esta red diferentes planes, accesibles a diversos segmentos o tipos de mercado, esta red está implementada en una banda de 3.5 Ghz, esta empresa tiene como visión expandirse en todo el país.

Algunas empresas de telecomunicaciones en Latinoamérica como Brasil Telecom de Brasil, ETB de Colombia, Millicom de Argentina y Telmex de México, trabajan conjuntamente para la implementación de redes de comunicación basadas en WIMAX.

#### **4.5. Aplicaciones en Europa**

El actual dominio del mercado español que hoy disfruta Telefónica se basa en la última milla, el tendido hasta cada domicilio desde las centrales. WIMAX acaba con este monopolio y convierte un sector en donde hacían falta enormes inversiones en un nuevo terreno donde pueden competir hasta las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas).

En Gran Bretaña, la empresa BT realizó pruebas en algunas áreas rurales y Telabria está desplegando una red en Kent. Esta tecnología ya está presente en ciudades como Seattle (Estados Unidos), Dalian o Chengdu (ambas en China). Un ejemplo se realizó con la utilización de una cámara Web ubicada en un cerro (Popa, en Cartagena), mientras los periodistas controlaban la cámara de manera remota, a seis kilómetros de distancia, desde un portátil (ubicado en un salón del hotel Hilton).

La compañía Iberbanda realizará las instalaciones necesarias con tecnologías inalámbricas con el fin de integrar los campus universitarios en el entorno de la tecnología WIMAX. Y proporciona planes con tarifas competitivas de acceso a Internet a los estudiantes universitarios que estén interesados en acceder a este servicio. Entre las universidades en las cuales se implementa esta tecnología podemos mencionar la de Almería, Huelva y Pablo de Olavide de Sevilla.

En los países desarrollados, implementan esta tecnología, para alcanzar el mercado de áreas rurales y ofrecer a este mercado mejores servicios a menor costo y con alta tecnología, pero sobre todo realizan acuerdos entre las operadoras que prestan estos servicios con los fabricantes de dispositivos para esta tecnología, lográndose así una ventaja competitiva con respecto a las otras operadoras y dando un mejor servicio con menor costos de operación, para las operadoras y sobretodo un mejor precio al consumidor final o abonado.

## **4.6. Aplicaciones Generales**

### **4.6.1 Microsoft quiere integrar WIMAX en Windows**

Microsoft ha firmado un acuerdo con Runcom Technologies para integrar drivers de WIMAX en su sistema operativo Windows. El objetivo de este tipo de contratos es que la conexión con esta tecnología inalámbrica sea plug and play y transparente para un usuario sin conocimientos técnicos. El acuerdo se extiende por ahora a Windows Mobile 5.0, un sistema operativo empleado habitualmente en PDA y móviles. Runcom Technologies pretende que los usuarios de este tipo de hardware puedan conectarse con WIMAX con tan sólo insertar una tarjeta WIMAX.

### **4.6.2 WIMAX + Linux = Éxito seguro**

Tres empresas han combinado las dos palabras de moda, WIMAX y Linux, para crear hardware de conexión inalámbrica. Se trata de Fujitsu Microelectronics y de Hopling Technologies pretenden integrar chips de WIMAX con equipos inalámbricos basados en Linux, con el objetivo de reducir costes para los fabricantes de hardware. Uno de los primeros resultados de este acuerdo se llama HopMAX y es una serie de sistemas para estaciones base con chips de Fujitsu. Hopling Technologies es una empresa holandesa dedicada al desarrollo de software y soluciones de redes malladas (mesh).

### **4.6.3 Samsung presenta una PDA con WIMAX**

Samsung ha presentado una PDA con WIMAX, cámara de 1,3 megapixels, MP3 y teléfono, lo que se ha venido a denominar "la navaja suiza de la tecnología". El terminal en cuestión lleva Windows XP, un disco duro de 30 GB y su principal novedad es que es capaz de conectarse a Internet vía WIMAX. Su

procesador es un Transmeta de 1 Ghz. En la figura 14 se muestra el prototipo con tecnología WIMAX.

**Figura 14. PDA con tecnología WIMAX**



#### **4.6.4 WIMAX se plantea como alternativa para conectar los automóviles a Internet**

WIMAX no sólo es una tecnología para conectar wi-fis entre sí. Cada día surgen nuevas aplicaciones asociadas. La última es de lo más espectacular: proveer de conexión a los vehículos en movimiento, que actualmente emplean telefonía móvil GSM. Y es que los expertos confían en que los precios reducidos y mejores cualidades técnicas del WIMAX acaben llevando a los proveedores de servicios a emplear esta tecnología. Esta evolución irá unida a la mayor utilización de la informática en el interior de los vehículos.

Empezando con *PDA*s y *blackberrys* para recoger y leer con voz los e-mails y terminando con sistemas de información del tráfico en tiempo real o de reserva de restaurantes. Así, Ford ya incluye un equipo con Windows denominado *FordLink* en algunos de sus vehículos con un sobreprecio de

3.000 dólares. La firma KVH Industries, por su parte, ha presentado un sistema para visualizar páginas web en el salpicadero del coche con un coste de 2.000 dólares.

Nokia dice que en 2008 empezará a comercializar los primeros móviles WIMAX según cálculos de Nokia, a día de hoy ya hay 40 operadores prestando servicios basados en WIMAX en todo el mundo y otros 225 que hacen pruebas. Entre los que ya ofrecen el servicio destacan los españoles Iberbanda y Euskaltel. En cualquier caso, el fabricante de móviles cree que el número de operadores se va a multiplicar exponencialmente.

#### **4.6.5 Otras**

- Una empresa puede conectar todas las tiendas de una gran ciudad sin cables y puede utilizarse como pasarela para sistemas de pago en áreas muy grandes.
- Para transmisión de contenidos de banda ancha para cine digital por ejemplo (de un emisor a todos los cines de una ciudad). ya implementada la tecnología sobre una ciudad, las compañías cinematográficas negociarían con las de cable para proyectar películas en cada casa que lo demande (previo pago y, seguramente, con un generoso plus añadido).

Así, en el mismo momento en que se está proyectando una película de estreno en el cine de su ciudad, el cable se llenará de datos para transmitir la película hasta el televisor de una casa y podrá disfrutarse de conexión a Internet en cualquier punto geográfico cubierto por una central sin necesidad de estar en casa. Además,



podrá evitarse la dependencia de las líneas telefónicas y celulares, unificando todas las comunicaciones bajo un mismo servicio.

- Voz sobre IP para una o muchas empresas, distintos operadores en todo el mundo ya están desarrollando pruebas bajo este sistema como AT&T (Estados Unidos), Brasil Telecom (Brasil), Iberbanda (España), Millicom (Argentina), TelMex (México), Sify (India), Altitud Telecom (Francia), y UHT (Ucrania), entre otros.
- Intel prevé una adopción rápida de esta tecnología en el mundo. Lo primero será la instalación de antenas exteriores fijas, luego el uso interno de antenas en hogares y empresas y finalmente la fabricación de productos que sean compatibles con el estándar.
- Incorporación de áreas rurales en donde no existe ninguna tecnología inalámbrica y mucho menos cableadas ya que WIMAX, es una tecnología muy adecuada para establecer radio enlaces, dado su gran alcance y alta capacidad, a un costo muy competitivo frente a otras alternativas, podrán construirse instalaciones que combinen ambas tecnologías para aprovechar los puntos fuertes de WIFI y WIMAX, por ejemplo en una zona rural de bajos recursos que deseen conectar dos pueblos y proporcionar Internet a estos mismos, por lo que se tiene que implementar WIMAX junto con WIFI, se colocan dos antenas de WIMAX en cada pueblo y dentro de cada pueblo se coloca terminales de WIFI, lográndose así dicha conectividad.
- Se incentivarán nuevos servicios digitales de 'pago por ver', como películas, juegos en línea, radio y TV por demanda. Todas estas señales viajarán por el aire a través de la conexión a Internet.

- Los trenes de alta velocidad ofrecerán a los viajeros conexión a Internet de banda ancha, la conexión será posible gracias a las tecnologías inalámbricas de telefonía móvil UMTS y WLAN (WIMAX) comunicó la compañía germana de ferrocarriles Deutsche Bahn.

#### **4.7. El silicio WIMAX**

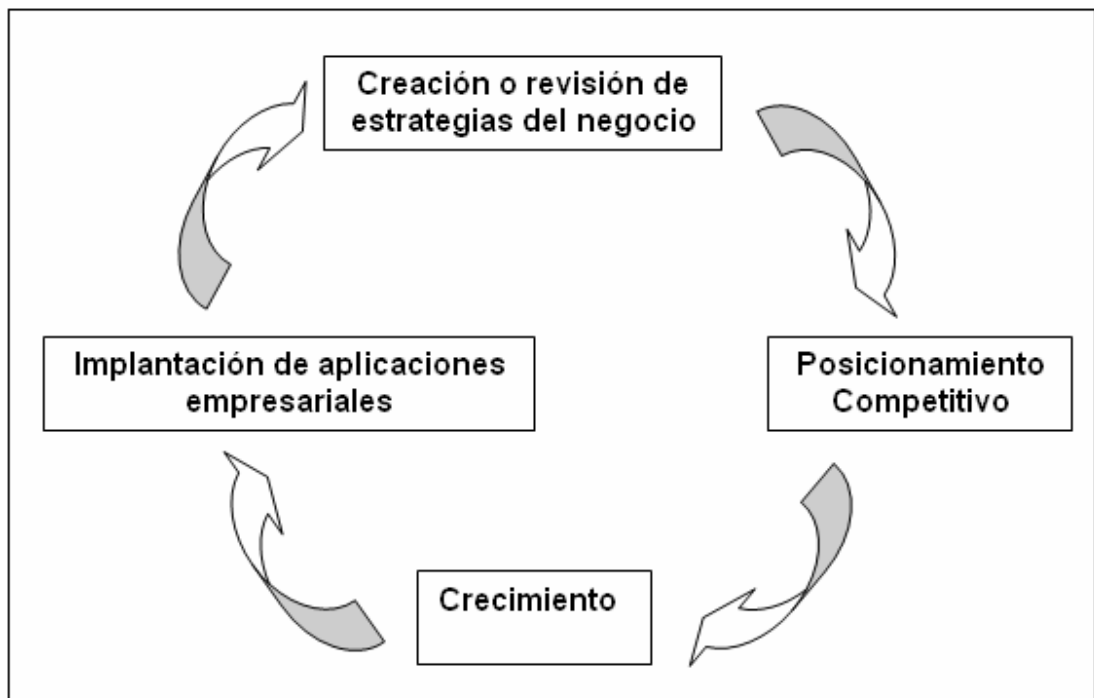
Intel ofrece las características que se necesitan para distribuir módems inalámbricos de alta velocidad de bajo costo para hogares y empresas. Las implementaciones iniciales permitirán la distribución de acceso a Internet de banda ancha a áreas remotas que actualmente no cuentan con servicio de DSL o cable, y harán posible la conexión inalámbrica de edificios hasta a varios kilómetros de distancia. Como está basada en estándares, la tecnología WIMAX hace más fácil y económico a usuarios, la utilización de banda ancha nuevos y existentes y así poder disfrutar el acceso inalámbrico a Internet.

El producto ha sido diseñado con un alto nivel de integración para facilitar el proceso de desarrollo y reducir los costes a los fabricantes de equipos, también ofrece una arquitectura programable para simplificar a los fabricantes de equipos la incorporación de aplicaciones únicas e innovadoras en la solución de Intel basada en estándares.

## 5. IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE MEJORAMIENTO CONTINUO EN UNA EMPRESA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA WIMAX.

Como se puede observar en la figura 15, la implementación de este modelo se puede aplicar a cualquier empresa en este caso es aplicado a operadoras existentes que quieran migrar a esta tecnología o nuevas operadoras que deseen implementar desde un inicio una red WIMAX, asegurándose así el éxito a largo plazo a través de un proceso de retroalimentación o mejoramiento continuo.

**Figura 15. Modelo de Mejoramiento continuo con tecnología WIMAX**



Para lograr un mejoramiento continuo se tiene que implementar las siguientes fases:

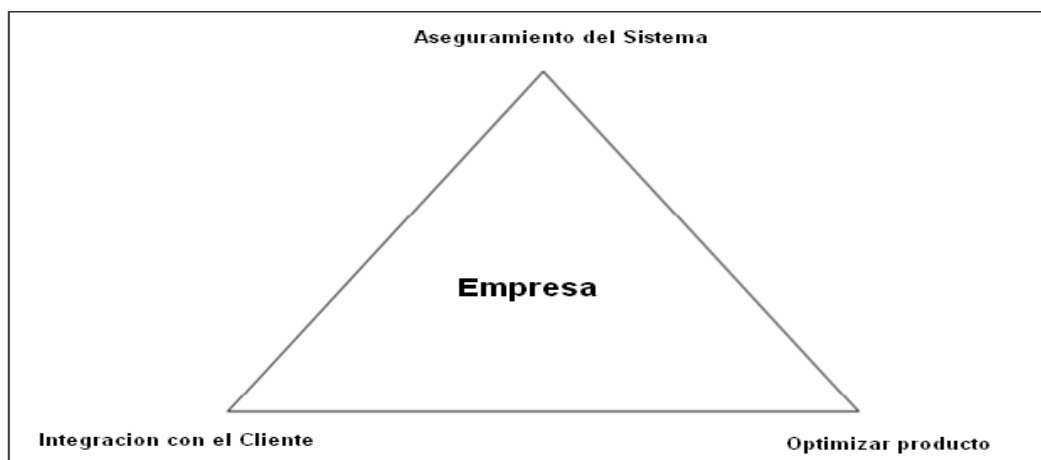
## 5.1. Creación o revisión de estrategias del negocio

En esta fase, se analizan las estrategias de negocio y se crean o reemplazan las existentes, a través de un análisis y estudio del mercado en base a la segmentación del mismo, creando el mercado meta u objetivo buscado, para la implementación de esta tecnología y para comenzar en esta industria el nuevo operador tiene que segmentar y tiene que analizar como poder utilizar los diferentes estándares que ofrece esta tecnología, se recomienda el mercado de lugares lejanos, como área rurales, ya que estos debido a la falta de inversión de la mayoría de operadoras, como por ejemplo la falta de una infraestructura cableada, no ha sido todavía explotada.

## 5.2. Posicionamiento competitivo

En esta fase, para poder estudiar la posición actual y futura de la empresa dentro del mercado, se utilizara el triangulo de posicionamiento del modelo Delta de Arnoldo Hax y Dean Wilde II, el cual se puede observar en la figura 16.

**Figura 16. Triángulo de posicionamiento competitivo del modelo Delta**



### **5.2.1 Descripción del triángulo de posicionamiento competitivo**

#### **Optimizar Producto**

En esta etapa se busca la ventaja competitiva a través de los bajos costos del producto y mejor calidad de producto o servicio. Por lo que con la implementación de WIMAX esta nos da mejores beneficios a nivel costo/beneficio a diferencia de la telefonía móvil celular convencional del GSM o el UMTS, WIMAX opera dentro de un espectro de onda que no está regulado, como el WIFI, por lo que los requisitos legales no son tan complejos. Además, su instalación es mucho más barata que la del UMTS: una estación base capaz de dar servicio a 200 conexiones equivalentes a las actuales ADSL, costará en un primer momento entre 5.000 y 25.000 euros. Bastará con una pequeña inversión para ofrecer servicio de voz y banda ancha a toda una ciudad sin necesidad de abrir zanjas.

#### **Integración con el Cliente**

En esta etapa se busca que el cliente sea un *fans* de la empresa y no solo cliente, a través de la satisfacción de todos sus requerimientos o necesidades, esto se puede lograr a través de observaciones simples, entrevistas personales, encuestas, *focus group*, etc.

#### **Aseguramiento del Sistema**

En esta etapa se consolida la relación entre empleados, clientes, proveedores y empresas complementarias, obteniéndose así el liderazgo en el mercado, relacionando la tecnología con las estrategias del negocio y

estableciendo nuestra marca de la empresa a través de un alto nivel de servicio y la creación de servicios agregados.

### **5.3. Crecimiento**

En esta fase se realiza una nueva visión de la empresa, así como también la misión y objetivos generales y específicos, a través de estrategias gerenciales, implementando nuevos y mejores modelos mentales en una línea vertical, ósea de lo estratégico a lo técnico, esta fase ayuda a la empresa a tener una estructura estratégica empresarial, para que esta siempre sepa en donde se encuentra y para donde se dirige tanto a corto plazo como a largo plazo.

### **5.4 Diseño e implantación de aplicaciones empresariales**

En esta fase se realiza un diagnostico o creación de la arquitectura y aplicaciones empresariales existentes con esta tecnología, tomándose en cuenta el ritmo de innovación y el crecimiento esperado.

- Para comenzar se recomienda establecer como infraestructura el estándar fijo 802.16-2004 sin licencia.
- Luego para optimizar mejor los servicios, como mayor cobertura, disminución de interferencia, mayor velocidad, mejor frecuencia, etc, incorpore en regiones potenciales el 802.16-2004, pero con licencia.
- En redes terminales como por ejemplo las *LAN's*, incorpore o utilice redes WIFI, pero sin licencia, para disminuir costos tanto a la operadora,

como a los abonados o clientes finales y así poder aprovechar los beneficios de esta tecnología inalámbrica de poco alcance (WIFI).

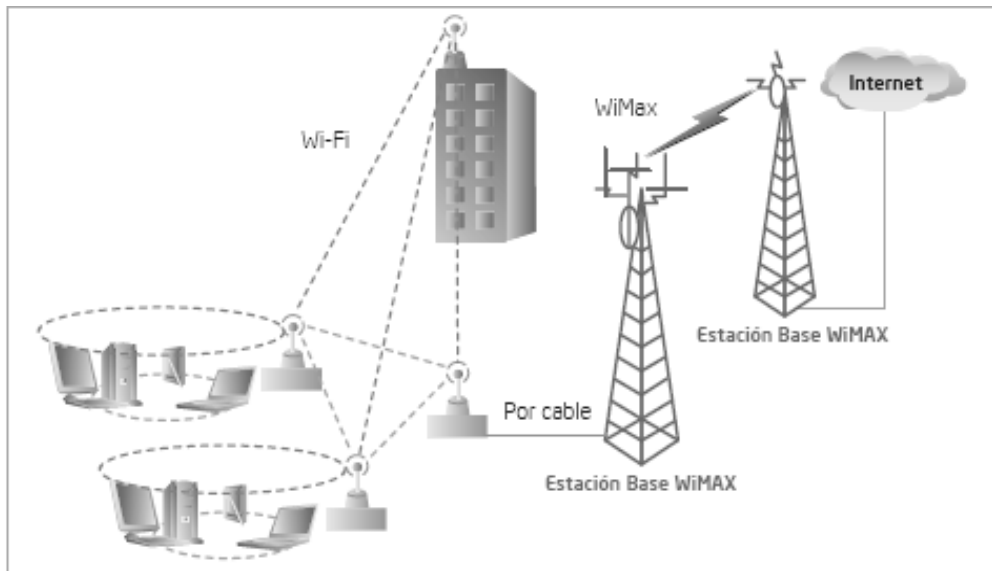
- Ya teniendo una extensa red con la infraestructura fija 802.16-2004, incorpore el estándar 802.16e, ya que esta proporciona portabilidad y movilidad y como ya esta implementada la red extensa en toda una región, los clientes tendrán mayor disponibilidad de conexión en cualquier parte de la región de la red.
- Si se quiere implementar WIMAX, sobre arquitectura de WIFI existentes, se puede complementar estas redes de WIFI a través de redes de malla.
- Si desea una operación sin licencia para mayor flexibilidad al menor costo, analice las tendencias de precio, características, desempeño de versiones WIMAX y WIFI en desarrollo e introduzca WIMAX si las tendencias se muestran a su favor. Los *WISPs* que desean soluciones escalables basadas en estándares y con calidad de servicio QoS pueden usar WIMAX para cubrir instalaciones de última milla [6].

Se debe de tomar en cuenta que en la actualidad, la mayor parte del mercado utilizan WIFI, por que lo mas factible es la implementación de WIMAX sobre WIFI, ya que existen dispositivos de la tecnología WIFI, en la actualidad, que ya vienen incorporados en computadoras personales, especialmente las *laptops* o computadoras portátiles, *PDA*s, terminales telefónicas fijas y móviles. La implementación de ambas tecnologías se puede observar en la figura 17.

---

[6]. Fuente: <http://www.slideshare.net/MAMOGU/como-entender-wimax-and-wifi/>

**Figura 17. Red de retorno (*Backhaul*) WIMAX para arquitectura malla WIFI**



#### **5.4.1. Adopción de una Solución WIMAX**

Uno de los beneficios de las soluciones WIMAX para instalaciones en todo el mundo es la capacidad de utilizar una solución estandarizada tanto en una banda con licencia como en una exenta de licencia. Las soluciones WIMAX con licencia y las exentas de licencia ofrecen ventajas significativas sobre las soluciones por cable. La adopción de soluciones WIMAX exentas de licencia y con licencia está impulsada por los siguientes beneficios adicionales:

- **Escalabilidad:**

El estándar 802.16-2004 soporta anchos de canal de frecuencia de radio (RF) flexibles como una forma de aumentar la capacidad de la red. El estándar también especifica el soporte para el Control de Potencia de Transmisión (TPC) y a las medidas de la calidad del canal como herramientas adicionales al espectro eficiente de soporte.



El estándar fue elaborado para escalar cientos o inclusive miles de usuarios dentro de un canal RF. Los operadores pueden reasignar el espectro por medio de la sectorización a medida que aumente el número de abonados. El soporte a canales múltiples permite que los fabricantes de equipos suministren medios para tratar el alcance del uso del espectro y la asignación de reglamentaciones enfrentadas por operadores en los diversos mercados internacionales.

- **Bajo costo:**

El medio inalámbrico usado por WiMAX permite que los proveedores de servicio eviten los costos relacionados con la instalación de cableado, como, por ejemplo, tiempo y mano de obra.

- **Flexibilidad.**

Un medio inalámbrico permite la instalación de una solución de acceso a largas distancias atravesando terrenos variados en diferentes países.

- **Basado en estándares.**

WiMAX Forum ayuda a soportar interoperabilidad y coordinación entre proveedores que desarrollan productos según el estándar 802.16-2004 al probar y certificar que sus productos cumplen con sus requisitos.

#### **5.4.2. Soluciones Exentas de Licencia: ventajas y usos**

Los costos relacionados con la adquisición de bandas con licencia están llevando a muchos *WISPs* y mercados verticales a considerar las soluciones exentas de licencia para mercados especializados, tales como áreas rurales y mercados emergentes. Las soluciones exentas de licencia ofrecen varias ventajas clave sobre las soluciones con licencia, incluso menores costos, desarrollo rápido, y una banda común que puede usarse en la mayor parte del mundo. Estos beneficios están alimentando los intereses y tienen potencial para acelerar la adopción de la banda ancha.

Los proveedores de servicios en mercados emergentes, como países en desarrollo o países maduros con regiones subdesarrolladas, pueden disminuir el tiempo de lanzamiento al mercado y los costos iniciales al instalar rápidamente una solución exenta de licencia sin permisos o subastas.

Incluso las regiones maduras pueden beneficiarse de las soluciones exentas de licencia. Algunos proveedores de servicio pueden usar una solución exenta de licencia para proveer acceso *last mile* para hogares, empresas, o *backhaul* como reserva de la red suplementaria para sus redes con licencia o por cable.

Una solución exenta de licencia está regulada en términos de la potencia de salida de la transmisión, aunque generalmente no se necesita licencia. Un dispositivo o servicio puede usar la banda en cualquier momento en tanto que la potencia de salida sea controlada adecuadamente. Los proveedores que están especialmente preocupados con la QoS, por ejemplo, pueden encontrar que la solución con licencia les da más control sobre el servicio.

Un proveedor de servicio que desea servir a un mercado emergente o subdesarrollado con un servicio de clase ejecutiva puede usar una solución

exenta de licencia, con un diseño de red correcto que incluya inspección de sitios y soluciones especializadas de antena, para ofrecer determinados Contratos de Nivel de Servicio (*SLAs*) para sus mercados especializados.

Sin embargo, una solución exenta de licencia no debería considerarse como sustituto de una solución con licencia. Cada una sirve a necesidades de mercado diferentes basadas en las compensaciones entre costo y QoS. Tanto las soluciones exentas de licencia como las soluciones con licencia ofrecen diferentes ventajas a los proveedores. La disponibilidad de ambos permite la satisfacción de una diversidad de necesidades de uso de los proveedores y de los mercados emergentes.

Los proveedores de servicio que desean agregar movilidad a sus redes inalámbricas de banda ancha deberían considerar en primer lugar una solución WiMAX con licencia para QoS mejorada, después una solución de Malla Wi-Fi para soluciones que requieren una necesidad inmediata, y después, una solución exenta de licencia. Una solución WiMAX con licencia ofrece mejor control en áreas extensas, escalabilidad mejorada, QoS, y flexibilidad para usuarios, mientras que la Malla Wi-Fi puede cubrir áreas menores a un costo menor y también pueden usar un protocolo de Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Prevención de Colisiones (CSMA/CA) para manejar usuarios múltiples dentro de una pequeña región.

Por estas razones, las soluciones WIMAX exentas de licencia se concentran en áreas rurales, mercados emergentes, y aplicaciones punto a punto y pueden proveer, por ejemplo, una solución *backhaul* de bajo costo. Lo más importante es que las fluctuaciones de cantidad y localización de los usuarios y el control limitado del espectro ofrecido por la solución exenta de licencia pueden causar más interferencia.

Pueden usarse datos estadísticos de red para planificar volatilidad. Sin embargo, los problemas relativos a la movilidad como la transmisión de señales RF a y desde un objetivo móvil son mucho más fáciles de tratar usando una solución con licencia. Por lo tanto, las aplicaciones móviles son más indicadas para una solución WIMAX con licencia.

Grandes regiones subdesarrolladas o con poco servicio, tales como un local aislado de una facultad o granja, son más indicadas para soluciones WIMAX exentas de licencia, ya que los beneficios de costo y de área de cobertura pueden ser mejor utilizados.

Las soluciones exentas de licencia WIMAX son apropiadas para las siguientes aplicaciones:

- Soluciones de larga distancia punto a punto en ambientes con poca población.
- Soluciones punto a multipunto en comunidades rurales (incluso algunos países en desarrollo).
- Áreas con poco ruido de banda RF o donde la interferencia en la banda sin licencia se pueda controlar dentro de la geografía, como, por ejemplo, grandes campos de empresas, barracas militares, y armadores.
- Donde el costo es el factor más importante para la toma de decisiones entre tecnologías inalámbricas competidoras.
- Cuando la propiedad del equipo es una opción para el usuario final.

Las soluciones con licencia WIMAX son apropiadas para las siguientes aplicaciones:

- Aplicaciones punto a multipunto de gran cobertura.

- Servicios móviles de banda ancha ubicua (constante movimiento)
- Cuando el licenciamiento permite el control sobre el uso del espectro y la interferencia.
- Cuando el costo no es la razón principal para elegir la tecnología, porque la tecnología se ha optimizado para esta aplicación (otras tecnologías como los revestimientos de datos 3G costarán más y tendrán menor desempeño).
- Cuando los servicios y el equipo de la estación base sólo pueden arrendarse de una portadora o proveedor de servicio.

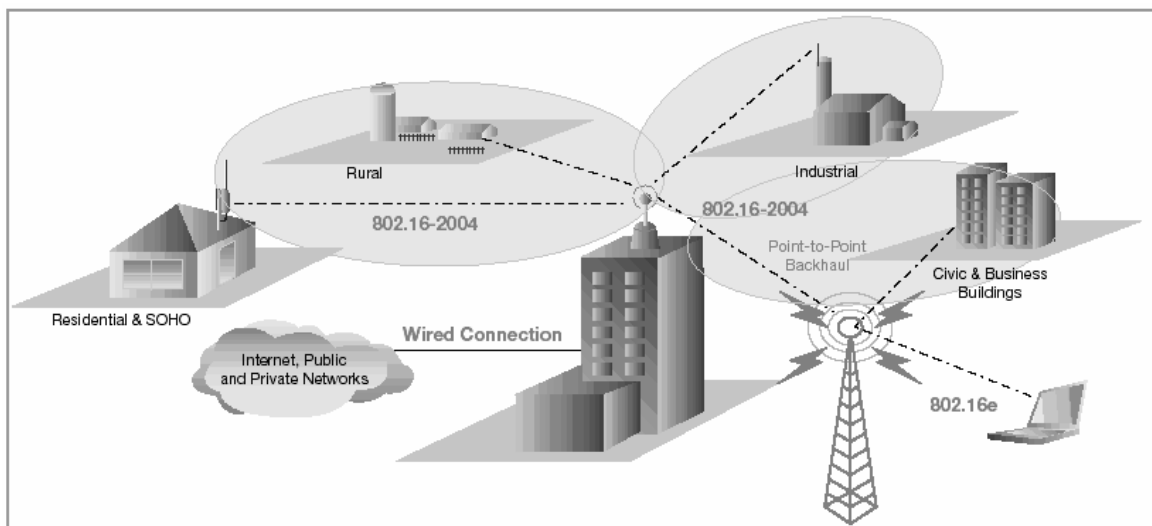
#### **5.4.3. Instalación de Soluciones WIMAX Exentas de Licencia**

WIMAX está proyectado para tratar desafíos relacionados con tipos de instalación de acceso por cable tradicional tales como:

- *Backhaul*. Usa antenas punto a punto para conectar sitios de abonados entre sí y a las estaciones base en largas distancias.
- *Última Milla*. Usa antenas punto a multipunto para conectar abonados hogareños o de empresas a la estación base.
- *Acceso de cobertura de áreas extensas*. Usa estaciones base, estaciones de abonados, y soluciones Wi-Fi, como las redes de malla, para cubrir un área extensa y proveer acceso a clientes 802.16 REV E. (También se las llama *hot zones* - áreas calientes).

Se puede observar en la figura 18, las instalaciones fijas exentas de licencia, inclusive *backhaul* y última milla, basadas en el estándar IEEE 802.16-2004.

**Figura 18. Instalación fija de WIMAX y modelos de uso**



#### **5.4.4. Desafíos de la Instalación de una Solución WIMAX Exenta de Licencia**

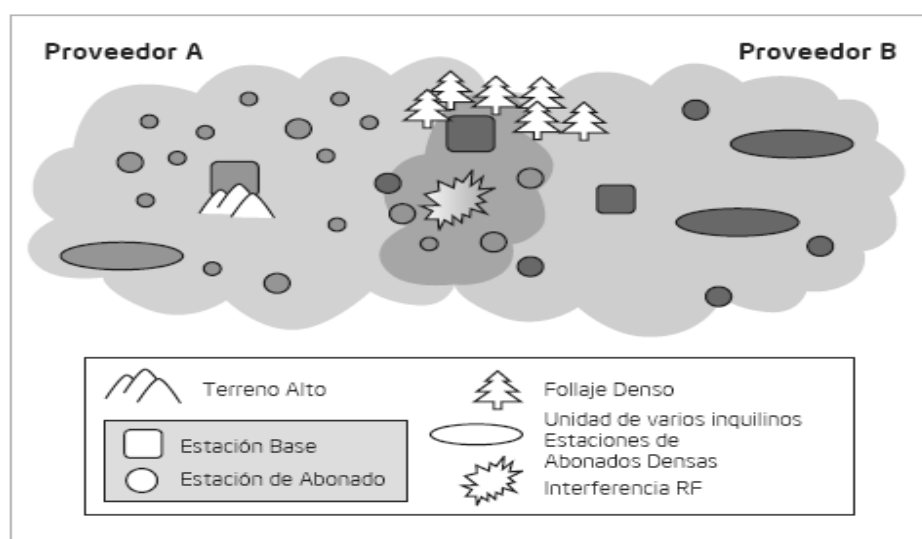
Las soluciones WIMAX con licencia y exentas de licencia enfrentan desafíos comunes relacionados con reglamentaciones gubernamentales, localización de estructura, e interferencia. Sin embargo, las soluciones exentas de licencia tienen más que probar en ambientes donde se ven a las soluciones con licencia como más estables y confiables.

Los beneficios de una solución WIMAX exenta de licencia, incluyendo bajo costo y fácil ingreso de nuevos proveedores, pueden llevar a dificultades adicionales. El fácil ingreso de nuevos proveedores y los bajos costos permiten que más operadores instalen soluciones.

Más instalaciones significan más uso de RF, más probabilidad de interferencia, y más competencia por instalaciones sofisticadas para instalación. La interferencia RF y la localización física de la infraestructura son los desafíos primarios relacionados con la instalación de una solución exenta de licencia. El ejemplo de la Figura 19 muestra cómo dos proveedores de servicio (el Proveedor A y el Proveedor B) han implementado soluciones exentas de licencia para servir a un mercado específico, una comunidad rural y han implementado sus soluciones con gran proximidad mutua.

El Proveedor A y el Proveedor B están operando en la misma banda y deben competir por el ancho de banda. Además, la estación base del Proveedor A está instalada en un terreno más alto, mientras que la estación base del Proveedor B está dentro de un denso bosque al nivel del mar. Por lo tanto, es menos probable que el Proveedor A experimente interferencia RF que el Proveedor B debido a una mejor localización física de la estación base.

**Figura 19. Soluciones exentas de licencia implementadas con proximidad mutua**



En la Figura 19, el Proveedor B todavía puede prestar servicios a sus abonados, pero como el Proveedor A tiene una mejor localización, los abonados del Proveedor A experimentan menos interferencia que los del Proveedor B. El potencial de interferencia requiere que los productos exentos de licencia reserven un amplio margen de interferencia, y por lo tanto tendrán que sacrificar algo de su producción. La interferencia es un problema menor en áreas rurales pero en las áreas urbanas, puede convertirse en un gran desafío usar equipo punto a multipunto debido a la alta densidad de los dispositivos inalámbricos.

Por lo tanto, los dos desafíos más importantes para vencer al instalar una solución WIMAX son:

- **La Interferencia RF**

Una fuente de RF con interferencia interrumpe una transmisión y disminuye su desempeño dificultando que la estación receptora interprete una señal. Las formas de interferencia RF que se encuentran con frecuencia son la interferencia *multi-path* y la atenuación. La interferencia *multi-path* es causada porque las señales se reflejan en objetos, lo que causa la distorsión de la recepción.

La atenuación ocurre cuando una señal RF atraviesa un objeto sólido, como un árbol, y reduce la fuerza de la señal y, en consecuencia, su alcance. La superposición de interferencia de una estación base adyacente puede generar ruido aleatorio.

Las soluciones exentas de licencia deben enfrentar más interferencia que las soluciones con licencia, incluso la interferencia *intra-red* causada por el equipo del propio proveedor de servicio operando en las proximidades, y en la



interferencia de red externa. Las soluciones con licencia sólo deben enfrentar interferencia *intra-red*. Para las soluciones exentas de licencia, la interferencia RF es un problema más grave en redes con control centralizado que en una red compartida, porque la estación base coordina todo el tráfico y la asignación de ancho de banda.

- **Localización de la Infraestructura**

La localización de la infraestructura se refiere a la localización física de los elementos de la infraestructura. La localización de la infraestructura puede ser un problema tanto para las soluciones con licencia como para las exentas de licencia.

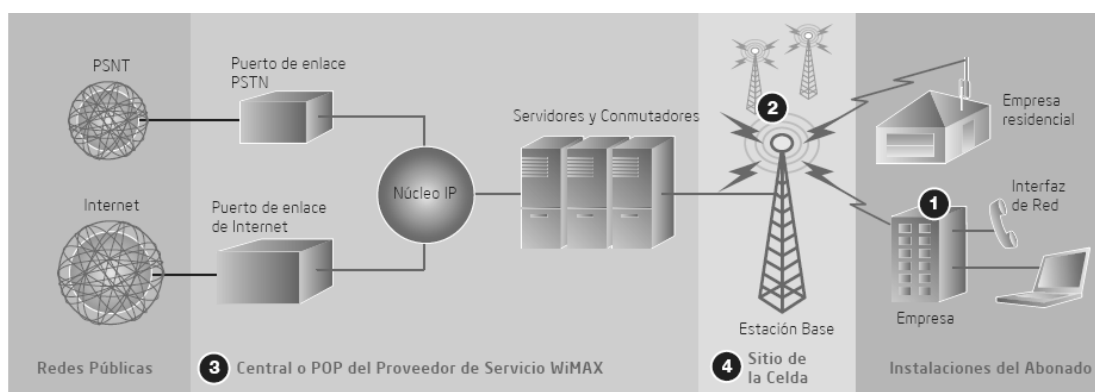
Sin embargo, la localización de la infraestructura presenta algunas consideraciones especiales para las soluciones exentas de licencia. Los proveedores de servicio implementan rápidamente soluciones en áreas específicas para no atravesar territorios con alta densidad de abonados y eficiencia de espectro.

Dichas áreas incluyen: terrenos elevados, densamente poblados o áreas de población creciente, y áreas con espectro RF menor. Además, la estructura física que alberga o soporta a la estación base debe ser compatible con RF, un silo metálico, por ejemplo, puede distorsionar señales, o un árbol meciéndose debido al viento puede alterar la fuerza de la señal.

### 5.4.5 Resolución de los desafíos de la Instalación de una solución WIMAX Exenta de Licencia

En una red exenta de licencia, la correcta proyección de la red y la localización de la infraestructura son críticas. La reducción de la interferencia por medio de la planificación puede reducir en gran medida la interferencia y mejorar la calidad de un servicio, según se muestra a en la figura 20.

**Figura 20. Solución WIMAX exenta de licencia instalada correctamente**



A continuación se describe una instalación correcta de WIMAX de acuerdo a lo demostrado por la figura 20.

- **(1) Sitio del abonado**

Una instalación profesional de una estación de abonado debe incluir inspecciones del sitio para reunir información, tales como tipos de antena y ángulos de inclinación requeridos para una perfecta recepción RF.

- **(2) Antenas**

Además de los enlaces redundantes y los ángulos de inclinación de las antenas, la ampliación del diagrama y de la diversidad puede ayudar a mejorar la recepción RF.

**Ampliación del Diagrama:** Ampliación del diagrama logrado por la utilización de antenas múltiples para la adición coherente de señal.

**Ampliación de diversidad:** Ampliación lograda por la utilización de múltiples *paths* (múltiples rutas), para que si una señal está comprometida en uno de los *paths*, se mantenga el desempeño general.

Efectivamente, la ampliación de la diversidad se refiere a las técnicas usadas en el transmisor o receptor para conseguir *looks* (enfoques) múltiples al canal que está debilitándose. Estos esquemas mejoran el desempeño al mejorar la estabilidad de la potencia de la señal recibida en presencia del debilitamiento de la señal inalámbrica. La diversidad puede explotarse en las dimensiones espaciales (antena), temporales (tiempo) o espectrales (frecuencia).

- **(3) Oficina central (CO) o punto de presencia (POP)**

La CO o POP es el centro de operaciones de red del proveedor. La correcta proyección e instalación del centro de operaciones de la red incluye:

- Identificación de las necesidades de los usuarios.
- Instalación profesional de estaciones base y antenas con ángulos de inclinación adecuados.

- Provisión de un servicio de banda ancha con un mínimo típico de un Mbps por abonado.
- Conexión a servicios de voz, como las redes telefónicas públicas conmutadas (PSTNs), y puertos de enlace.
- Implementación de administración de tráfico, enrutadores y *firewalls*.
- Establecimiento de un medio de recolección de estadísticas de red.

- **(4) Estación de base o celdas de vanguardia instaladas**

Disponibilidad de acceso las 24 horas, 7 días por semana, con una estructura robusta que brinde blindaje contra elementos externos y que pueda reducir la interferencia y aumentar la calidad de servicio.

#### **5.4.6. Sincronización de señales con otros proveedores.**

La coordinación del uso de frecuencia y horarios de transmisión por medio de la colaboración entre los proveedores puede reducir y limitar muchos problemas de interferencia. Por ejemplo, algunos proveedores de servicio inalámbrico de California se están agrupando para tratar problemas de interferencia. El grupo se denomina Red de Coordinación de Acceso a Banda Ancha Inalámbrica (*Wireless Broadband Access Coordination Network – BANC*).

Aunque estos métodos de mejores prácticas pueden mejorar la calidad de las comunicaciones RF en una red exenta de licencia WIMAX, no pueden asegurar un servicio sin problemas. El servicio sólo puede garantizarse en un ambiente controlado provisto por una solución con licencia.

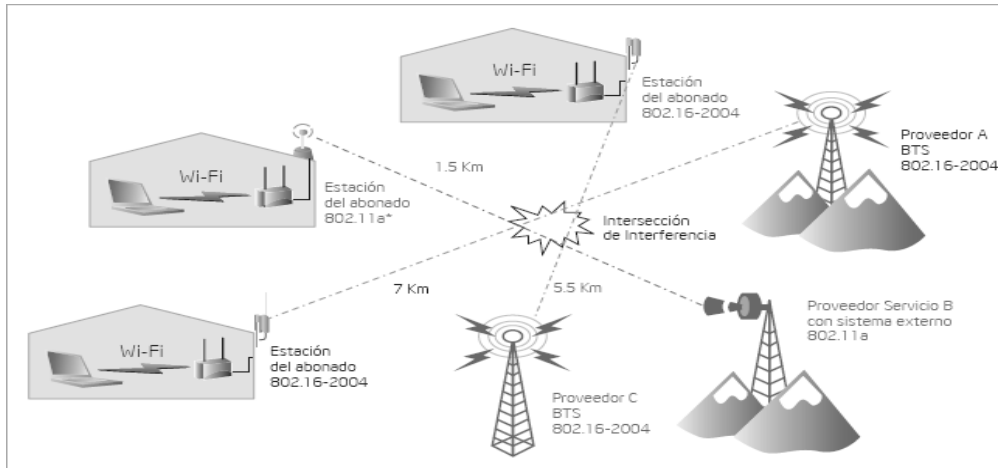
Sin embargo, los mercados especializados, tales como áreas rurales, instalaciones punto a punto y mercados emergentes pueden beneficiarse de las soluciones exentas de licencia y estos métodos de instalación.

#### **5.4.7 Coexistencia con Otras Redes Inalámbricas Exentas de Licencia**

La popularidad de la Wi-Fi ha llevado al surgimiento de muchos *hotspots* (puntos de conexión) Wi-Fi y *WLANs*. Estas grandes instalaciones han preocupado a algunos operadores por la coexistencia de WIMAX y Wi-Fi. Una solución exenta de licencia WIMAX puede operar cerca de una red Wi-Fi si hay canales disponibles y si se utilizaron los métodos correctos de proyección de la red. WIMAX permite a los proveedores que ofrezcan cobertura por cable y Wi-Fi extendidas en ciudades con cobertura más amplia y también más económica que con sólo Wi-Fi.

La mayoría de las redes Wi-Fi instaladas en la actualidad se basan en el estándar IEEE 802.11bg\* de 2.4 GHz y no operan en la misma amplitud de frecuencia que las soluciones WIMAX exentas de licencia. Sin embargo, algunos operadores de red han instalado soluciones basados en el estándar 802.11a\* y sus revisiones en el espectro de 5 GHz, que pueden agregar ruido al ambiente WIMAX, como se muestra en la figura 21.

**Figura 21. Competencia con las otras redes inalámbricas**



Las redes WIMAX no reconocerán transmisiones de 2.4 GHz (802.11bg) porque no operan en esta banda. No obstante, las transmisiones Wi-Fi en los 5 GHz (802.11a) pueden resultar en congestión y agregar ruido a una red WIMAX. Generalmente, la función de Evaluación de Canal Limpio Wi-Fi (CCA) no reconoce transmisiones WIMAX y las trata como ruido. La degradación de una señal generalmente ocurre cuando las estaciones están cerca (a metros) unas de otras.

#### **5.4.8. Mejora de Instalaciones WIMAX Exentas de Licencia Usando Técnicas de Antenas**

La tecnología de antenas puede utilizarse para mejorar transmisiones de dos modos: usando técnicas de diversidad y con sistemas de antena avanzados y alternando técnicas. Estas técnicas pueden mejorar la flexibilidad y el coeficiente señal-radio pero no garantizan que la transmisión no sea afectada por interferencias.

## **Técnicas de Diversidad**

Las técnicas de diversidad, tales como antenas, receptores o transmisores, reducen el múltiple debilitamiento, al proveer *paths* (camino) alternativos para la señal. El sistema selecciona el receptor o transmisor apropiado según la técnica implementada. Se aplican los códigos de espacio-tiempo apropiados para determinar el mejor *path*. La disponibilidad de *paths* alternativos permite una mayor flexibilidad de la red.

## **Sistemas de Antenas Avanzados y Alternación**

Este enfoque usa una técnica de formación de haz (conjunto de ondas de un mismo origen, que se propagan sin dispersión) y de dirección en la que se altera el ángulo, el *path* y el ancho del haz. Al enfocar el haz en un determinado punto a través de la potencia y codificación RF, puede mejorarse la calidad de la señal.

WIMAX permite un control de transmisión centralizado; de este modo, la estación base controla y coordina transmisiones. Esta capacidad posibilita el uso de varias técnicas de antenas múltiples para aumentar el alcance y la confiabilidad de sistemas WIMAX. El estándar IEEE 802.16-2004 soporta técnicas de antenas múltiples tales como Codificación Bloque Espacial Temporal (STC) de Alamouti, Sistemas de Antenas Adaptables (AAS), antenas inteligentes, y sistemas de múltiples entradas y múltiples salidas (MIMO).

El esquema de transmisión STC de Alamouti transmite información en dos antenas de estación base. Al enviar dos transmisiones consecutivas, transmite información en tiempo y espacio, maximizando la diversidad de transmisión. La diversidad de la demora cíclica es otro esquema de diversidad de transmisión que puede usarse en un sistema WIMAX.

Ambos esquemas tienen la ventaja de poder ser implementados en la estación base, donde pueden absorberse más fácilmente los costos más elevados de antenas múltiples y cadenas de RF asociadas. Esto aleja los costos de la estación del abonado, lo que permite una penetración de mercado más rápida.

Las ventajas de usar tecnología de antenas múltiples sobre tecnología de antenas únicas son:

- **Un Sistema de Antenas Adaptables (AAS)**

Permite que se transmitan señales superpuestas múltiples usando un Acceso Múltiple de División Espacial (SDMA), que es una técnica que explota las propiedades direccionales de las antenas. La modulación adaptable adapta la modulación a las condiciones del enlace y ofrece la mejor densidad espectral para un determinado SNR. Las tecnologías de Antenas Múltiples, como, por ejemplo, AAS, permiten una proporción máxima para combinar múltiples *paths* de recepción para maximizar SNR.

- **La utilización del protocolo de Solicitud Automática (ARQ)**

Para transmisión puede impactar en el desempeño del sistema al permitir que el receptor solicite una retransmisión cuando se detecta un error.

- **La codificación de la Corrección de Error de Envío (FEC)**

Mejora la exactitud y la confiabilidad en la presencia de interferencia RF al permitir corregir errores sin solicitar la retransmisión de la información original.



- **Determinación de los atributos de la modulación de la amplitud y/o de la fase**

Permiten al proveedor prevenir más la demora de la red en el viaje de un viaje de paquetes programado. Una base de datos de estadísticas relacionada a una red WIMAX exenta de licencia o con licencia puede ayudar a que el proveedor anticipe problemas y los trate por medio del mapeo y la planificación de la modulación.

WIMAX soporta DFS en la banda de 5 GHz. DFS (Selección Dinámica de Frecuencia) se proyectó originalmente para evitar interferencia con los sistemas de radar. Algunos proveedores permiten que DFS se use para el cambio automático o manual de canales para resolver problemas de interferencia. DFS configura un intervalo (generalmente 1 ms) dentro del cual la estación base coordina la detención o el tiempo de inactividad de la red en el que identifica los canales con ruido para no usarlos.

Se han establecido las etiquetas de espectro para DFS y TPC (requerido en Estados Unidos y Europa). Para DFS, la función es verificar si un canal se encuentra en uso y, si lo está, encontrar otro para usarlo. Para TPC (Control de Potencia de Transmisión), una transmisión es para usar solamente tanta potencia como se necesite.

La canalización de bandas estrechas permite mayor flexibilidad en toda la red. Con más bandas estrechas, la interferencia puede identificarse y resolverse más fácilmente. La canalización de banda estrecha reduce el ancho de banda para un abonado individual pero puede ofrecer mayor flexibilidad general a la red.

#### **5.4.9. Soluciones con Licencia: ventajas y usos**

Para instalar una solución con licencia, un operador o proveedor de servicio debe comprar el espectro. La compra del espectro es un proceso engorroso. En algunos países, completar los permisos para obtener los derechos de licenciamiento puede demorar meses, mientras que en otros, la subasta de espectro puede elevar los precios y demorar la adquisición del espectro. Esta mayor barrera de entrada, junto con la propiedad exclusiva de una banda, permite mejoras de la calidad de servicio y reduce la interferencia.

Las soluciones WIMAX con licencia tienen ventajas significativas. Los costos más elevados y los derechos exclusivos del espectro permiten una solución más previsible y estable para instalaciones en grandes áreas metropolitanas y para uso móvil.

Las frecuencias más bajas asociadas a las bandas con licencia (2.5 GHz y 3.5 GHz) permiten mejor penetración NLOS y RD. Sin embargo, las bandas con licencia no están exentas de problemas de interferencia. A medida que los proveedores de servicio instalan más redes, deben enfrentar interferencia mutua resultante de dentro de sus propias redes. Una correcta proyección e implementación puede aliviar estos problemas. Resumiendo, las soluciones con licencia ofrecen ventajas de calidad de servicio (QoS) mejorada sobre las soluciones exentas de licencia.

#### **Otros desafíos:**

Se puede dar si un *WISP* (proveedor de servicio Internet inalámbrico) desea expandir su cobertura de servicio a mercados con poco servicio, tiene que tomar en cuenta que la calidad del servicio es un factor significativo dentro de esta industria y dicho proveedor desea prestar sus servicios a gobiernos

locales o PYMES que requieren un servicio garantizado para sus propias aplicaciones.

Para satisfacer estos requerimientos este proveedor, puede utilizar todos los beneficios que ofrece la tecnología WIMAX, ya que le garantiza calidad de servicio (QoS), óptima instalación de equipos a bajo costo, diferentes estándares, los cuales se pueden implementar de acuerdo a los límites de los clientes y sobretodo, la interoperabilidad de sus productos.

#### **5.4.10 Diseño de Arquitectura de sistemas y procesos**

Para que la tecnología WIMAX brinde un buen rendimiento se tiene que realizar o crear un sistema distribuido de telecomunicaciones, que contenga un repositorio de bases de datos íntegro (manejador de base de datos SQL Server u ORACLE), en donde se administre toda la información íntegra de nuestros abonados, este sistema nos permitirá brindar mejores servicios ya que nos aseguramos de poseer en nuestro sistema:

- Alta disponibilidad.
- Consistencia e integridad de información.
- Creación de enlaces por medio de celdas, torres y antenas inteligentes.
- Creación de un *Datawarehouse*, con el fin de analizar y realizar pronósticos para la toma de decisiones.
- Aplicaciones de reportería( *Business Object* y *Discoverer*) para la creación de indicadores estadísticos que sirven para proyecciones y toma de decisiones.

Para la optimización y automatización de procesos se tiene que utilizar:

- **Soluciones Empresariales:**

Estos servirán para el buen manejo de almacenamiento y procesamiento de datos y la automatización de los procesos manuales.

- **Administración de procesos de Negocio:**

Esta servirá como interfaz para unir todas las aplicaciones existentes, con el propósito de tener mayor productividad entre procesos y optimización de tiempos de entrega..

### **Implementación de un sistema de BPM (Administración de procesos de negocio)**

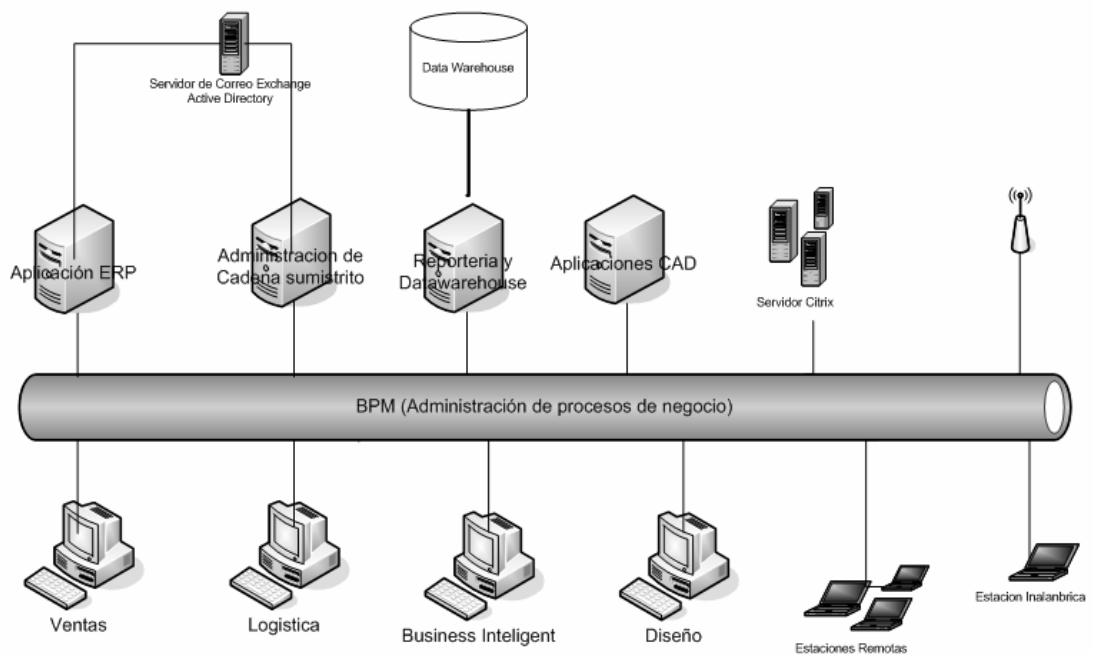
Este se implementara con el objetivo de mejorar el servicio al cliente en los siguientes aspectos:

- Ofrecer una mayor diversidad de productos o servicios de valor agregado, como por ejemplo: planes de servicio, tarifas, etc.
- Permitir que el cliente pueda configurar su producto, esto dependerá del tipo de cliente o abonado.
- Reducción de tiempo de respuesta al cliente, esto se realizara a través de un software de producción de resolución de casos.
- Integración de todos los sistemas y un único acceso, esto se hara para optimizar los tiempos entre procesos y la creación de roles entre las aplicaciones, para mayor seguridad y confidencialidad de la información.
- Conciencia de la importancia de los procesos y la comunicación e interacción entre departamentos o áreas.

Entre las aplicaciones que integran directamente los procesos automatizados, podemos mencionar:

- ERP/PPS.
- CAD.
- SCM.
- *DataWare House*
- *Office*
- *Exchange*
- *Active directory*
- *Citrix XP*

**Figura 22. Implementación de un sistema de administración del negocio (BPM).**



- **Implementación de un sistema de administración de rendimiento corporativo**

Esta implementación se realizara con el objetivo de buscar una ventaja competitiva a largo plazo, asegurándose obtener mejor eficiencia organizacional, a través de reportes para la toma de decisiones y generación de estrategias a nivel organizacional, por lo que se recomienda el siguiente:

### ***Balanced Scorecards (BSC)***

Esta herramienta de gestión estratégica se implementara, ya cuando nuestro empresa se encuentre bien establecida en la industria inalámbrica, con el fin de mantenernos dentro del mercado y buscar mejoras progresivas en el rendimiento empresarial, a través del cumplimiento de las estrategias, entre las características o beneficios que nos proporciona un BSC son:

- Comunican la visión y estrategia en toda la organización.
- Traducen los objetivos corporativos estratégicos y tácticos desde un nivel corporativo a un técnico.
- Incorporan a todos los empleados dentro de la visión.

Existe diferente software para implementar un BLC, todo dependerá de los límites financieros de la empresa, entre los más conocidos tenemos:

- *SAP Estrategic Enterprice Management.*
- *Monitoring and Planning de Microsoft BI.*
- *Cognos Metrics Manager.*
- *People Soft de Oracle.*
- *SAP Estrategic Enterprice Management.*

- *Monitoring and Planning de Microsoft BI.*
- *Cognos Metrics Manager.*
- *Corvu.*

El más recomendable a nivel de costos es *Corvu*, ya que proporciona una versión gratuita, en la cual la empresa puede realizar pruebas y posteriormente comprar una licencia, entre las ventajas que posee este software son las siguientes:

- Alinea a toda la organización con la estrategia empresarial.
- Es una herramienta de comunicación y motivación.
- Desarrolla una cultura de mejora continua.

Se tiene que tomar en cuenta en el proceso de implantación de un software, no existe una aplicación mejor que otra sino que habrá que analizar cuál es la más indicada en cada situación, estudiando de forma exhaustiva las necesidades de cada empresa.





## CONCLUSIONES

1. Un operador para poder entrar a la industria o mercado de la telecomunicaciones inalámbricas es la versión fija del estándar WIMAX, 802.16-2004, ya que aborda una necesidad particular del mercado, que es la disponibilidad de una solución de bajo costo basada en los estándares que pueda brindar acceso de banda ancha y de voz básicos en regiones del mundo donde la economía dé un servicio *wireline* fijo no tiene sentido. Además, el estándar fijo puede servir para impulsar la proliferación de puntos de acceso de WIFI mientras que, a la vez, reduce los costos de operación [*backhaul*] y mejora la experiencia del usuario a través de velocidades de datos más altas.
2. Posteriormente, al tener una infraestructura fija y sólida, este operador puede optar por un estándar móvil el 802.16e, ya que este permite mayor movilidad y alcance. Aquellos operadores no tradicionales que en la actualidad carecen de una oferta móvil, son los candidatos que probablemente usen las capacidades WIMAX. Sin embargo, también tendrán que hacer frente a la necesidad de equipos para usuarios habilitados por WIMAX y en algunas instancias, a su carencia de un espectro adecuado. Estos operadores tendrán que hacer frente a los obstáculos técnicos inherentes en el despliegue de nueva tecnología inalámbrica y a los desafíos económicos relacionados con la oferta de un servicio que debe atraer el interés de los consumidores que ya están familiarizados con la combinación de servicios 3G y WIFI.

3. En los países en desarrollo, la falta de infraestructura física de conectividad o telecomunicaciones, el costo y carencia de las tecnologías de banda ancha son un gran impedimento para la adopción o acoplamiento a la globalización, como por ejemplo, el fácil acceso a la Internet. Es por eso que las tecnologías inalámbricas están comenzando a ofrecer alternativas confiables en vez del acceso de líneas fijas, lo que crea la posibilidad de tener conectividad generalizada y al alcance del bolsillo para cada región, comunidad y persona.
  
4. Estos países adoptan cada vez más las tecnologías inalámbricas, un ejemplo claro es la utilización de los teléfonos celulares basados en varias tecnologías inalámbricas los cuales han revolucionado las telecomunicaciones, pero estas tecnologías celulares no han traído conectividad de datos de banda ancha a los hogares, debido a su costo y complejidad.
  
5. Por tal razón, estos países necesitan de alguna manera, el acceso a todos estos medios inalámbricos, en los que destaca la tecnología WIMAX, dichos medios ayudaran a contribuir al crecimiento económico, ofreciendo mejores servicios de educación, servicios médicos y mejores servicios de esparcimiento o expansión, como lo han hecho otros países en el resto del mundo, por lo que la solución puede ser inalámbrica, para evitar el abrumante costo y recursos que se necesitarían para implantar una infraestructura alámbrica o de fibra óptica de banda ancha que proporcione todos los beneficios que la tecnología inalámbrica WIMAX brinda o pueda brindar en toda un región.

6. Es por eso que la tecnología WIMAX es la nueva tecnología inalámbrica, que puede y satisface todas esas necesidades tanto a países desarrollados como a países en desarrollo, ya que esta basada en estándares por lo que está ganando una rápida aceptación en el mundo, ya que es capaz de ofrecer Internet de banda ancha y extender servicios como la telefonía por Internet en toda una red metropolitana, sin causar ninguna interrupción significativa al transporte y a otros servicios.

A diferencia de las soluciones con cables, con esta tecnología, no es necesario obstruir el tránsito para cavar miles de zanjas para tender cables de telecomunicaciones, no es necesario arruinar partes de caminos para ofrecer diversidad de servicios como el de Internet, ni esperar la llegada de proyectos de construcción de infraestructuras enormes, ni colgar cables que se pueden romper en cualquier momento. WIMAX ofrece una solución rápida, de precio razonable y conveniente para las necesidades de acceso, WIMAX promete dar conectividad inalámbrica de alta velocidad de una manera más simple y redituable que las tecnologías celulares actuales, y ofrece la escalabilidad para dar acceso de banda ancha al alcance del bolsillo.

Ya que esta tecnología esta basada en estándares, para los proveedores de servicios, es más réntale, ya que los productos basados en estándares con menos variantes y un gran volumen de producción hacen que disminuya el costo del equipo. Por tal razón, la competencia entre proveedores también reducirá los costos del equipo, debido a que los proveedores de servicios podrán comprar de muchas partes y comparar precios. Para los consumidores, los productos inalámbricos se distinguirán entre sí por el servicio, no por la tecnología, de manera que el consumidor se beneficiará de la variedad de soluciones competitivas y redituables que satisfagan sus necesidades de comunicación a un menor costo.

También hay que considerar que los vínculos inalámbricos actuales son aptos principalmente para servicios de voz y cuando mucho, para datos de baja velocidad, y por lo tanto no ofrecen una opción atractiva y factible de conectividad de banda ancha y es posible utilizar vínculos inalámbricos dedicados que puedan ofrecer un mayor ancho de banda, pero estos tienden a ser más costosos y menos eficientes a menos que un uso intenso justifique su costo. WIMAX es la tecnología que puede solucionar este problema de manera muy redituable en el futuro, proporcionando un gran ancho de banda a grandes distancias a grandes velocidades a un menor costo.

La tecnología WIMAX representa una oportunidad creciente para los proveedores de servicio, y para los proveedores de *chipsets* que operan en las bandas con licencia y las exentas de licencia. Inicialmente, las soluciones WIMAX se basarán en la especificación IEEE 802.16-2004, lo que permitirá acceso fijo para uso punto a punto y punto a multipunto. Se espera que se desarrolle un ecosistema de tecnología robusto basado en estándares mundiales para rendir los beneficios duales de interoperabilidad y economía de volumen.

Como con cualquier tecnología nueva o en desarrollo, deben comprenderse diversos factores para asegurar una instalación exitosa. Este documento se ha concentrado en diversos problemas específicos relacionados con las instalaciones exentas de licencia, incluso la interfaz RF (Radio Frecuencia) y la localización de la infraestructura. La interferencia RF resulta en un ambiente complejo y siempre cambiante que los proveedores de servicio deben respetar y entender, pero no temerle.

Las soluciones para resolver la interferencia RF incluyen: correcta proyección de la red, uso de tecnologías de antena avanzadas, instalaciones

punto a punto, identificación de mercados apropiados para tecnología WIMAX, filtración, protección, rehúso de frecuencia y sincronización con otros proveedores. Estas soluciones ayudarán a resolver algunos problemas de interferencia RF.

Un proyecto de red robusto se basa en inspección de sitios, agrupación de estadísticas, y coordinación de uso RF con los proveedores vecinos para resolver directamente problemas de interferencia. Las soluciones exentas de licencia WIMAX basadas en proyectos de red robustos son equilibradas para convertirse en una solución segura y flexible para mercados especializados. Los servicios de clase WIMAX pueden y serán instalados pronto en bandas con licencia y exentas de licencia.

Al mismo tiempo este documento propone a un nuevo operador o aquel operador que se desee migrar a WIMAX implementar una propuesta estratégica de negocios diferenciada, que asegure el éxito continuo de la empresa, tanto a corto como a largo plazo y que la misma esté más enfocada en establecer relaciones fuertes con los clientes, proveedores, complementadores y empleados, al mismo tiempo relacionando la tecnología WIMAX con las estrategias del negocio.

Se tiene que tomar en cuenta que el 90% de las estrategias fallan no en su formulación, sino en su ejecución, por lo que para hacer realidad la estrategia definida se requiere como se mencionó en este documento, establecer los compromisos y desarrollar las capacidades necesarias para alcanzar el futuro propuesto, lo cual depende directa y exclusivamente de la buena toma de decisiones de los altos ejecutivos sobre toda empresa.



## RECOMENDACIONES

1. Es posible que la conectividad inalámbrica y otras prestaciones exijan la compra de software y de servicios adicionales o hardware externo. El rendimiento de la red, el rendimiento inalámbrico y su funcionalidad pueden variar en función de su plan, entorno, sistema operativo, configuraciones de hardware y software de su red inalámbrica específica.
2. El rendimiento real de los sistemas WIMAX está sujeto a restricciones específicas de la instalación que puede repercutir sobre el alcance, la velocidad de transmisión y el número de usuarios soportados.
3. Un operador en el mercado empresarial debe realizar un análisis de costo-beneficio para la implantación de la esta tecnología, dependiendo del resultado del mismo debe decidir si migra a esta o se mantiene utilizando la tecnología actual, o puede iniciar un proyecto de implantación en una pequeña sucursal para observar el desenvolvimiento de la misma y luego de evaluar que exista mejor desempeño que de la telefonía normal migrar a toda la empresa.

Un nuevo operador o un operador existente antes de migrar a esta tecnología puede realizar un análisis de un segmento del mercado, por ejemplo voz sobre IP, a través de una encuesta por parte de entidades del Gobierno tales como la SIT, que midan la posición de desarrollo actual de la telefonía IP en el mercado guatemalteco, las proyecciones, las ventajas y desventajas del actual servicio de telefonía IP, esto para beneficio de todos los usuarios interesados en migrar a esta tecnología.





## BIBLIOGRAFÍA

1. **WIMAX: El Nuevo Acceso Inalámbrico a Internet.**  
<http://www.cinit.org.mx/articulo.php?idArticulo=31>.  
Fecha de consulta: 20/02/2005
2. **Alerta Tecnológica.**  
[http://alerta.salleurl.edu/noticia.asp?id\\_noticia=10016&id\\_categoria=&categoria=&id\\_topcategoria=&nivell=](http://alerta.salleurl.edu/noticia.asp?id_noticia=10016&id_categoria=&categoria=&id_topcategoria=&nivell=).  
Fecha de consulta: 23/03/2005
3. **Tecnología inalámbrica de banda ancha.**  
<http://www.intel.com/cd/network/communications/emea/spa/179913.htm>  
Fecha de consulta: 25/03/2005
4. **WIMAX.**  
<http://www.intel.com/netcomms/technologies/WIMAX/index.htm>.  
Fecha de consulta: 30/04/2005
5. **Industria WIMAX.**  
<http://www.intel.com/netcomms/technologies/WIMAX/industry.htm>.  
Fecha de consulta: 15/05/2005
6. **ADSLAyuda.com :: Tu Comunidad ADSL Online**  
<http://www.adslayuda.com/Topic57.html>.  
Fecha de consulta: 20/05/2005
7. **WIMAX. ¿El sustituto de WiFi? - Monografias.com**  
<http://www.monografias.com/trabajos16/WIMAX/WIMAX.shtml>.  
Fecha de consulta: 01/06/2006

8. **es.wikipedia.org/wiki/WIMAX**  
<http://es.wikipedia.org/wiki/WIMAX>.  
Fecha de consulta: 01/03/2007
  
9. **Tuxteno.COM**  
<http://www.tuxteno.com/contents.php?cid=741>.  
Fecha de consulta: 15/03/2007
  
10. **Noticias - Ya está aquí WIMAX, el futuro inalámbrico**  
[http://www.noticias.com/index.php?action=mostrar\\_articulo&id=59131&DCanal=1](http://www.noticias.com/index.php?action=mostrar_articulo&id=59131&DCanal=1).  
Fecha de consulta: 30/03/2007
  
11. **IEEE 802.16\* and WIMAX: Broadband Wireless Access for Everyone, 2003.**  
[www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216\\_WIMAX.pdf](http://www.intel.com/ebusiness/pdf/wireless/intel/80216_WIMAX.pdf)  
White Papers Intel Corp.  
Fecha de consulta: 09/04/2007
  
12. **General Resources WIMAX Forum.**  
[www.WIMAXforum.org](http://www.WIMAXforum.org).  
Fecha de consulta: 10/04/2007
  
13. **WIMAX technology overview**  
[www.intel.com/netcomms/technologies/WIMAX](http://www.intel.com/netcomms/technologies/WIMAX)  
Fecha de consulta: 12/05/2007
  
14. **WIMAX World Conference & Exposition**  
[www.WIMAXworld.com](http://www.WIMAXworld.com).  
Fecha de consulta: 30/05/2007
  
15. **WIMAX Broadband Access Technology**  
[www.intel.com/go/WIMAX](http://www.intel.com/go/WIMAX).  
Fecha de consulta: 01/06/2007

16. **WiMAX World Conference & Exposition:**  
[www.wimaxworld.com](http://www.wimaxworld.com)  
Fecha de consulta: 05/06/2007
  
17. **WiMAX Forum, WiMAX's Technical Advantage for Coverage in LOS and NLOS Conditions, Aug 2004**  
<http://www.wimaxforum.org/news/downloads/WiMAXNLOSgeneral-versionaug04.pdf>  
Fecha de consulta: 01/06/2007
  
18. **WiMAX technology overview**  
[www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/](http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/)  
Fecha de consulta: 05/06/2007
  
19. **Un Nuevo Marco Estratégico Arnoldo C. Hax**  
<http://cirpq.tripod.com/consultoriaestrategica/modelodelta.pdf>  
Fecha de consulta: 14 octubre del 2007.
  
20. **Business Process Management - Wikipedia, la enciclopedia libre**  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Business\\_Process\\_Management](http://es.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Management)  
Fecha de consulta: 15 octubre del 2007
  
21. **Metodología BSC - Monografias.com**  
<http://www.monografias.com/trabajos17/metodologia-bsc/metodologia-bsc.shtml>  
Fecha de consulta: 15 octubre del 2007
  
20. **Home CorVu**  
<http://davinci-systems.es/progress/corvu.htm>  
Fecha de consulta: 15 octubre del 2007