

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY

CAMPUS MONTERREY  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN ELECTRONICA,  
COMPUTACION, INFORMACION Y  
COMUNICACIONES



TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY.

PRINCIPIOS PARA LA EXPLOTACION EN MEXICO  
DE LAS REDES HIBRIDAS WLAN-3G

TESIS  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:  
MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LAS  
TELECOMUNICACIONES

POR:  
RAFAEL EDUARDO ESPINO HERNANDEZ

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN ELECTRONICA, COMPUTACION,  
INFORMACION Y COMUNICACIONES**



**TESIS**

**PRINCIPIOS PARA LA EXPLOTACION EN MEXICO DE  
LAS REDES HIBRIDAS WLAN - 3G**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADEMICO DE:  
MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE LAS TELECOMUNICACIONES**

**POR:**

**RAFAEL EDUARDO ESPINO HERNÁNDEZ**

**MONTERREY, N.L.  
JULIO, 2003**

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE  
MONTERREY**

**DIVISION DE ELECTRONICA, COMPUTACIÓN, INFORMACION Y  
COMUNICACIONES**

**PROGRAMAS DE GRADUADOS EN ELECTRONICA, COMPUTACION,  
INFORMACION Y COMUNICACIONES**

Los miembros del Comité de Tesis recomendamos que la presente Tesis del Ing. Rafael Eduardo Espino Hernández sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado académico de Maestro en Administración de las Telecomunicaciones.

**COMITÉ DE TESIS:**



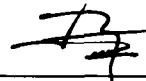
---

*Cesar Vargas Rosales; Ph.D.  
Asesor*



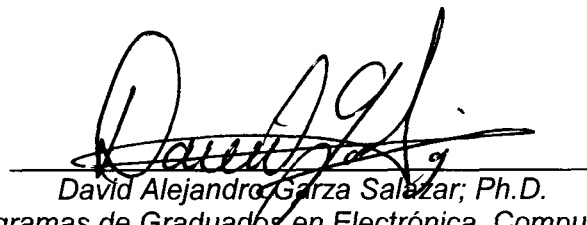
---

*Ricardo Pineda Serna; Ph.D.  
Sinodal*



---

*J. Ramón Rodríguez Cruz; Ph.D..  
Sinodal*



---

*David Alejandro Garza Salazar; Ph.D.  
Director de los Programas de Graduados en Electrónica, Computación, Información y  
Comunicaciones*

JULIO, 2003

**PRINCIPIOS PARA LA EXPLOTACION EN MEXICO DE  
LAS REDES HIBRIDAS WLAN - 3G**

**POR:**

**RAFAEL EDUARDO ESPINO HERNANDEZ**

**TESIS**

**Presentada al Programa de Graduados en Electrónica, Computación,  
Información y Comunicaciones.**

**Este trabajo es requisito parcial para obtener el grado de Maestro en  
Administración de las Telecomunicaciones.**

**INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**JULIO, 2003**

# Dedicatoria

## **A mi familia: Mamá, Papá, Gaby, Lulú y Mamá Jovita**

Porque siempre permanecieron a mi lado y al haber estado lejos de ustedes Dios me enseñó que son lo mejor que tengo en la vida.

## **A mis amigos**

Siempre estuvieron ahí y se que nunca se irán.

# Agradecimientos

## **A Dios**

Por dejarme vivir y enseñarme a disfrutar la vida.

## **Al Dr. Cesar Vargas**

Por compartir sus conocimientos conmigo y haber sido mi guía en este camino.

## **Al Dr. Ricardo Pineda S. y al Dr. J. Ramón Rodríguez Cruz**

Por su disposición, consejos y sabiduría.

## **A todos mis profesores**

Por haber sido una parte muy importante para completar esta meta.

A todos los que creyeron en mí y me apoyaron para poder terminar este proyecto que fue un reto en todos los sentidos.

# Resumen

La demanda de comunicación de los usuarios móviles aumenta día a día al igual que sus requerimientos de ancho de banda, es por eso que, las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones deben estar preparadas para poder satisfacer las necesidades de sus clientes. Para lograr este objetivo es necesario establecer estrategias tecnológicas y de negocios, además de invertir varios recursos.

Dentro de este ambiente tan dinámico competitivo, surgen las redes inalámbricas LAN, mejor conocidas como WLAN y una tendencia a futuro de poder explotarlas junto con las redes 3G.

En esta investigación se presentan las opciones tecnológicas disponibles hacia la evolución de redes inalámbricas LAN y redes 3G, así como algunas propuestas que están implementadas hoy día para la integración de redes WLAN y redes celulares GSM/GPRS.

Con base en un estudio exploratorio, esta tesis pretende dar a conocer el estado actual de las empresas de telecomunicaciones en México respecto a su rumbo hacia las redes híbridas WLAN – 3G, basándose en cuatro directrices claves: Tecnología, Regulación, Mercado y Estándares.

# Tabla de Contenido

<b>Dedicatoria</b>	<b>iv</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>ix</b>
<b>Lista de Figuras</b>	<b>x</b>
<b>Capítulo 1 - Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Redes Inalámbricas de Área Local.	2
1.2 Evolución de las Comunicaciones Móviles.	3
1.3 Justificación del Estudio.	4
1.4 Presentación del Problema.	5
1.5 Objetivo.	5
1.6 Alcance y limitaciones del estudio.	5
<b>Capítulo 2 - Servicios Móviles de Tercera Generación</b>	<b>7</b>
2.1 Aspectos Claves de los Sistemas 3G.	8
2.2 Calidad de Servicio (QoS) en 3G.	9
2.3 W-CDMA y cdma2000.	10
2.3.1 Características Comunes de los Sistemas 3G CDMA.	12
2.3.2 W-CDMA.	15
2.3.3 cdma2000	16
2.4 Antecedentes de la Telefonía Celular en México.	17
2.4.1 Operadores de Telefonía Celular en México.	19
2.4.2 México hacia 3G.	21
<b>Capítulo 3 - Wireless LAN</b>	<b>23</b>
3.1 Justificación de las WLANs.	23
3.2 Redes Microcelulares.	24
3.3 Requerimientos de las WLANs.	25
3.4 Tecnologías de las WLANs.	26
3.4.1 Infrarrojo.	26
3.4.2 Espectro Disperso.	27
3.5 Estándares de las WLANs.	30
3.5.1 Estándar HomeRF2.	33



3.5.2	Estándar HiperLAN.	33
3.5.3	Estándar IEEE 802.11.	33
3.5.4	Estándares IEEE 802.11a, 802.11b y 802.11g.	35
<b>3.6</b>	<b>Bandas de Frecuencia ISM.</b>	<b>36</b>
3.6.1	Administración del espectro radioeléctrico.	37
<b>Capítulo 4 - Redes Híbridas WLAN – 3G</b>		<b>39</b>
4.1	Implantación Técnica.	40
4.2	Solución OWLAN.	41
4.2.1	Arquitectura del sistema OWLAN.	41
<b>Capítulo 5 - Metodología de Investigación</b>		<b>44</b>
5.1	Modelo Particular.	44
5.2	Método de Investigación.	45
5.3	Trabajo de Campo.	46
5.4	Población.	46
5.5	Recursos Requeridos.	47
<b>Capítulo 6 - Resultados</b>		<b>48</b>
6.1	Aspectos Generales de las WLANs.	48
6.2	Integración WLANs – 3G.	51
6.3	Reglamentación de Servicios WLANs.	53
6.4	Oportunidad de Negocio.	55
6.5	Aplicaciones.	58
<b>Capítulo 7 - Conclusiones</b>		<b>60</b>
7.1	Trabajos Futuros.	64
<b>Anexo 1. Encuesta</b>		<b>65</b>
<b>Anexo 2. Bluetooth</b>		<b>69</b>
<b>Glosario</b>		<b>71</b>
<b>Referencias Bibliográficas</b>		<b>73</b>
<b>Vita</b>		<b>76</b>

# Lista de Tablas

<b>Tabla 2.1 - Asignación del Espectro Terrestre para sistemas 2G y 3G</b>	<b>8</b>
<b>Tabla 2.2 - Comparación de W-CDMA y cdma2000</b>	<b>10</b>
<b>Tabla 2.3 - Acuerdo de Armonización de los Métodos de 3G CDMA</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 2.4 - Factores de Dispersión por Diferentes Tasas de Bit</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 2.5 - Clases de QoS.</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 2.6 - Regiones de México para la prestación del servicio celular</b>	<b>17</b>
<b>Tabla 2.7 - Bloques de Frecuencia "A" y "B" para la banda de 800 MHz</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 2.8 - Resultados de la subasta de la COFETEL</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 2.9 - Principales Operadores de Telefonía Celular en México.</b>	<b>20</b>
<b>Tabla 3.1 – Principales estándares WLAN.</b>	<b>31</b>
<b>Tabla 3.2 – Especificaciones de la Capa Física del Estándar IEEE 802.11</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3.3 – Estándares IEEE para WLANs</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 3.4 - Características de las Bandas ISM</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 3.5 - Espectro asignado para WLANs de alta velocidad</b>	<b>37</b>
<b>Tabla 4.1 - Elementos de Red OWLAN y GPRS</b>	<b>42</b>
<b>Tabla 5.1 – Principales Empresas Encuestadas</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 6.1 – Aspectos Generales de las WLANs</b>	<b>48</b>

# Lista de Figuras

<b>Figura 1.1 - Configuración típica de una WLAN</b>	<b>3</b>
<b>Figura 2.1- Los tres estándares de Radio.</b>	<b>12</b>
<b>Figura 2.2 - Configuraciones de estaciones base.</b>	<b>13</b>
<b>Figura 2.3 - Cell Breathing.</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.4.- Macro y Micro Celdas.</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.5. - Canalización en dos bloques de frecuencia</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.6. - Atribución del Espectro Radioeléctrico a Servicios IMT-2000 en México</b>	<b>21</b>
<b>Figura 3.1 – Relación de Densidad Espectral de Potencia vs Frecuencia</b>	<b>28</b>
<b>Figura 3.2 - FHSS</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3.3 - DSSS</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3.4 - Bandas ISM</b>	<b>30</b>
<b>Figura 3.5 - Espectro de Radio para 5-UP</b>	<b>33</b>
<b>Figura 3.6 – Familia IEEE 802 y su relación con el modelo OSI</b>	<b>35</b>
<b>Figura 3.7 – Bandas de Frecuencia ISM</b>	<b>36</b>
<b>Figura 4.1 – Red Híbrida WLAN – GPRS</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.2 – Arquitectura del Sistema OWLAN</b>	<b>42</b>
<b>Figura 5.1 – Modelo Particular</b>	<b>45</b>
<b>Figura 6.1 – Aspectos Generales de las WLANs</b>	<b>49</b>
<b>Figura 6.2 – Principal Estándar para las WLANs en los próximos años.</b>	<b>50</b>
<b>Figura 6.3 – Mayor ventaja de las WLANs sobre las redes alámbricas.</b>	<b>51</b>
<b>Figura 6.4 – a) Integración WLANs – 3G.</b>	<b>52</b>
<b>Figura6.4 – b) Integración WLANs – 3G.</b>	<b>52</b>
<b>Figura 6.4 – c) Integración WLANs – 3G.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 6.5 – Importancia de la Licitación de Bandas de Frecuencia.</b>	<b>53</b>
<b>Figura 6.6 – Importancia de Licencias para ofrecer servicios de Telecomunicaciones.</b>	<b>54</b>
<b>Figura 6.7 – Importancia del Establecimiento de Tarifas.</b>	<b>54</b>
<b>Figura 6.8 – Regulación de las Bandas de Frecuencia de las WLANs.</b>	<b>55</b>
<b>Figura 6.9 – Oportunidad de Negocio.</b>	<b>56</b>

<b>Figura 6.10 – Inversión</b>	<b>56</b>
<b>Figura 6.11 – Ventaja Competitiva</b>	<b>56</b>
<b>Figura 6.12 – Incremento de Ancho de Banda</b>	<b>57</b>
<b>Figura 6.13 – Solución Alternativa a la Alta Demanda</b>	<b>57</b>
<b>Figura 6.14 – Migración a 3G en los próximos 5 años.</b>	<b>57</b>
<b>Figura 6.15 – QoS.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 6.16 – Combinación del celular con otra tecnología.</b>	<b>58</b>
<b>Figura 6.17 – Aplicaciones Móviles Deseadas.</b>	<b>59</b>
<b>Figura 6.18 – Tendencia de las Aplicaciones Móviles.</b>	<b>59</b>
<b>Figura 7.1 – Aspectos Generales de las WLAN.</b>	<b>60</b>
<b>Figura 7.2 – Integración WLAN-3G.</b>	<b>61</b>
<b>Figura 7.3 – Reglamentación de Servicios WLAN.</b>	<b>62</b>
<b>Figura 7.4 – Oportunidad de Negocio.</b>	<b>63</b>
<b>Figura 7.5 – Directrices Clave para un nuevo Servicio de Telecomunicaciones.</b>	<b>64</b>

---

# Capítulo 1

## Introducción

La mayoría de nosotros nos imaginamos en nuestra mente a esa persona que llamamos por teléfono. Puede ser que pensemos que esta sentado en un escritorio o descansando en un sofá, pero esas imágenes muchas veces no son verdad. Al marcar un número en algún país se puede estar llamando a un número celular. La persona que recibió la llamada podría estar en cualquier parte, navegando en un lago o solo caminando por alguna calle. (Dornan, 2001)

Tanenbaum (1997) comenta que debido al rápido progreso de la tecnología, las diferencias que existían en el manejo de información desaparecen con rapidez. Las organizaciones que cuentan con varias oficinas que se encuentran o abarcan un área geográfica grande esperan tener la capacidad de controlar todas sus situaciones con solo oprimir un botón. La demanda hacia las técnicas avanzadas que nos permiten procesar la información se incrementa al igual que poco a poco nuestras habilidades hacia el trato de información cada vez aumentan.

Hoy en día la industria de la computación ha logrado un progreso espectacular en un corto tiempo, a pesar de que es joven comparada con las industrias automotrices o de transporte aéreo.

El lograr una integración de las computadoras y las comunicaciones ha influido en la forma en que los sistemas de cómputo se organizan. El concepto de "centro de cómputo" en el que los usuarios procesaban sus trabajos ahora es obsoleto. Ahora se ha reemplazado por un modelo en el cual un gran número de computadoras separadas pero interconectadas hacen el trabajo. Sistemas que se conocen como redes de computadoras

Tanenbaum (1997) clasifica a las redes de computadoras de la siguiente manera:

- **Redes de área local:** Llamadas LAN (*local area networks*), son redes que tienen una extensión de hasta unos kilómetros y se consideran como privadas ya que se instalan en edificios o campus. Su principal función es compartir recursos e información mediante la interconexión de computadoras y estaciones de trabajo. Las características que distinguen a las LAN de otro tipo de redes son su tamaño, su tecnología de transmisión y su topología.
- **Redes de área metropolitana:** Conocida normalmente como MAN (*metropolitan area network*) es una versión más grande de una LAN y normalmente se basa en una tecnología similar. Tiene la funcionalidad de ser pública o privada y puede abarcar un grupo de oficinas corporativas cercanas o una ciudad.

- 
- Redes de área amplia: Se distingue por extenderse sobre un área geográfica grande, muchas veces un país o un continente. Esta compuesta por un conjunto de máquinas dedicadas a ejecutar programas de usuarios (es decir, de aplicación). También es conocida como WAN (Wide Area Network).
  - Redes inalámbricas: El segmento de más rápido crecimiento de la industria de la computación son computadoras portátiles, como las notebooks y los asistentes personales (PDA). Existen usuarios que desean estar conectados a sus oficinas aun cuando estén lejos de casa o de viaje. El interés de las redes inalámbricas ha crecido debido que es difícil tener una conexión por cable en aeropuertos u otro tipo de entidades. Un uso común de las redes inalámbricas es la oficina portátil. La gente que viaja con frecuencia quiere usar su notebook o PDA para enviar y recibir llamadas telefónicas, faxes, correo electrónico, leer archivos remotos, entrar en máquinas remotas etc., y hacer esto desde cualquier lugar, ya sea en tierra, mar o aire.

## 1.1 Redes Inalámbricas de Área Local.

La naturaleza de las redes ha cambiado fundamentalmente debido al rápido desarrollo en la tecnología inalámbrica, dispositivos micro-electrónicos y software. Pero también existen otros factores que han contribuido a este cambio; la no reglamentación en el mercado de las telecomunicaciones en una escala global, la creciente demanda de los usuarios por los servicios de telecomunicaciones, una baja en los costos de las terminales, el paso de las redes analógicas a las redes digitales, la creciente competencia entre los proveedores de servicios y la necesidad de ofrecer servicios diferenciados. Esas fuerzas nos están conduciendo a las redes de siguiente generación, que básicamente serán de dos tipos: redes alámbricas y redes inalámbricas. (Nguyen y Sadiku, 2002)

El proceso del cambio en la infraestructura inalámbrica comenzó en Estados Unidos con la separación de AT&T en 1984; la privatización de las empresas del estado a finales de los 80's y a principios de los 90's lo intensificó, así como la apertura progresiva de los mercados de telecomunicaciones globales a finales de los 90's. El incremento de la demanda del cliente hacia los servicios de telecomunicaciones ha sido un factor muy importante para este proceso de cambio. Así también el incremento en el tráfico de las redes inalámbricas tiene un tremendo impacto en términos de lograr la calidad de servicio (QoS) esperada por los clientes. Por último se puede considerar el paso de los avances tecnológicos y las disminuciones en los costos, tanto de servicios como de dispositivos. (Nguyen y Sadiku, 2002)

Una red de área local inalámbrica (WLAN), como se muestra en la figura 1.1, es básicamente una LAN implementada sin cables. Los componentes inalámbricos consistirán en la conexión entre un nodo final (PC, normalmente móvil) y un puente conocido como Access Point (AP) entre la conexión inalámbrica y una infraestructura alámbrica. La capa física del modelo de sistemas abiertos ISO-OSI se verá afectada, sin embargo, la mayoría de las implementaciones requieren una capa de enlace de datos (por medio de un software apropiado) específica a una implementación dada de una LAN inalámbrica y a un sistema operativo particular de red (NOS). Toda la funcionalidad a altos niveles (proporcionada por el NOS y el stack del protocolo apropiado) se mantiene.

---

No se requiere de otro cambio en la configuración del software de los nodos de la red. (Ganesh y Pahlavan, 2000)

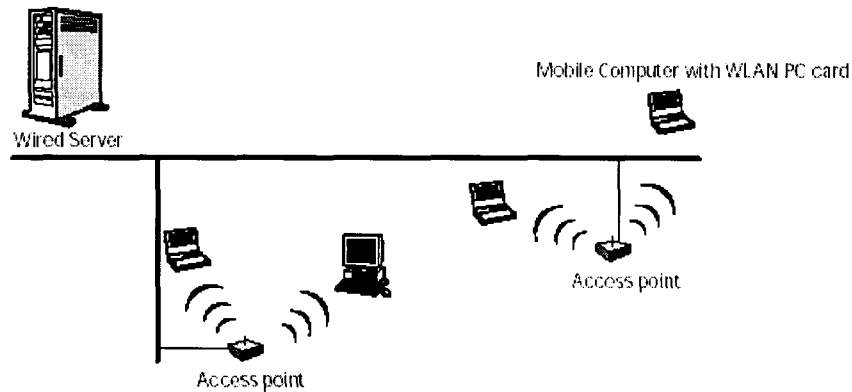


Figura 1.1 - Configuración típica de una WLAN

## 1.2 Evolución de las Comunicaciones Móviles.

A finales de los 40's en los Estados Unidos y a principios de los 50's en Europa fue introducido el primer sistema de telefonía móvil, que consistía básicamente en un teléfono en el auto. Esos sistemas celulares estaban limitados por una movilidad restringida, baja capacidad, servicio limitado y carecían de calidad de servicio (QoS) en la llamada. Los equipos eran pesados, estorbosos, caros y susceptibles a la interferencia. Solo existieron menos de un millón de usuarios a principios de los 80's.

En la primera generación de telefonía celular los teléfonos son análogos, envían información como una forma de onda variando continuamente. Solo pueden ser usados para voz y su calidad de llamada varía mucho gracias a la interferencia.

Los teléfonos de la segunda generación convierten la conversación a un código digital, que resulta en una señal más clara que puede ser encriptada para seguridad del usuario, esto resulta en una ventaja comparado con la primera generación. Soporta algunos servicios como identificador de llamada y correo de voz. El sistema más popular es GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles), pero existen otros que se usan en todo el mundo. Pueden enviar datos a una tasa de 10 kbps.

Los sistemas de tercera generación proporcionaran una gran variedad de servicios avanzados, incluyendo la transferencia de datos hasta 2 Mbps y videoconferencia. En vez de teléfonos, la mayoría de las terminales serán pequeñas computadoras o PDA's (Personal Digital Assistants).

La cuarta generación, aun se están desarrollando y se piensa que será lanzada en el 2010. Se podrán manejar tasas de transmisión de datos de 100 Mbps, suficiente para la tele-presencia. (Dornan, 2001)

---

### 1.3 Justificación del Estudio.

Nos estamos moviendo de un mundo en el que las comunicaciones de voz eran transportadas por redes telefónicas de circuitos conmutados, de paquetes conmutados, y redes de área local de alta velocidad (LAN), a un mundo donde las comunicaciones móviles ya son una realidad. Las redes inalámbricas que tradicionalmente incluían teléfonos celulares e inalámbricos, sistemas de paging, redes de datos móviles y sistemas satelitales móviles han tenido un gran crecimiento en la última década y han aparecido en el mercado y la industria los nuevos conceptos de sistemas de comunicación personal, LAN inalámbricas (WLANs), y la computación móvil. (Levesque y Pahlavan, 1995)

Dornan (2001) comenta que a comparación con las redes alámbricas, las redes inalámbricas de área local (WLANs) nunca habían sido tan rápidas y tan confiables. La mayoría de los sistemas privados inalámbricos no pueden ser regulados de la misma forma que los sistemas celulares u otro tipo de redes. No sería práctico que alguien que quisiera utilizar un teléfono inalámbrico tuviera que solicitar una licencia al gobierno, mucho menos tener que estar involucrado en un concurso de licitaciones. En lugar de eso, los organismos reguladores han hecho a un lado a las bandas de frecuencias especiales para las cuales no se requiere ninguna licencia. La potencia de transmisión de los dispositivos, usando esas bandas de frecuencias, esta limitada a distancias menores que un teléfono celular, unos cuantos de cientos de metros, esto con el fin de poder minimizar la interferencia.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ha designado varias bandas para propósitos industriales, científicos y médicos (ISM), los cuales se encuentran dentro de la región de microondas usada por los dispositivos inalámbricos. Estas bandas fueron propuestas en su mayoría para equipo que emita radiación de microondas como función principal del producto, no para propósitos de comunicaciones. Sin embargo, los sistemas de WLAN han encontrado conveniente el uso de estas bandas.

La ansiedad de regular el espectro radioeléctrico para los nuevos servicios de telecomunicaciones ha llevado a los gobiernos a hacer uso de ellos en diferentes lugares. Por ejemplo, la banda de 900 Mhz es usada en su mayoría para GSM en Europa, esto significa que los usuarios de servicios ISM necesitan obtener una licencia especial. La única banda ISM que actualmente se puede garantizar que está disponible en todos los países es la de 2.4 GHz (esta corresponde a la frecuencia exacta de resonancia del agua por lo que es usada por diferentes dispositivos, incluyendo hornos de microondas y equipo médico). La interferencia que existiría entre estas aplicaciones y los servicios móviles detiene a cualquier gobierno de regular esta banda, por lo que es libre y puede ser usada por cualquier persona para casi cualquier propósito. La mayoría de las tecnologías de las WLANs, teléfonos inalámbricos y la tecnología Bluetooth la utilizan por las razones anteriores. (Dornan, 2001)

Las redes inalámbricas de área local se perfilan claramente como una de las tecnologías más prometedoras de los próximos años. Aunque se ha avanzado mucho en esta ultima década y se están dando pasos importantes en la consolidación de las comunicaciones inalámbricas, esta tecnología se encuentra actualmente en una fase de constante desarrollo e investigación, quedando por resolver varios obstáculos tanto técnicos como de regulación bajo mismos estándares, antes de que se pueda recalcar con plenas garantías de éxito en el mercado.



---

## **1.4 Presentación del Problema.**

Es claro que no se deben considerar a las WLANs y otras alternativas de tecnologías inalámbricas como una amenaza para los operadores de 3G. Por el contrario, las tecnologías inalámbricas pueden ayudar a incrementar las ganancias y la satisfacción del cliente para los operadores móviles. Los operadores móviles son los que probablemente se beneficiarán más de la coexistencia entre las WLANs y 3G.

Las WLAN y 3G representan dos tecnologías distintas que están dirigidas a diferentes necesidades y nichos de mercado. El uso de las WLANs en oficinas ya ha sido adoptado en los Estados Unidos y en Europa, al igual que el resto del mundo.

Si se modela una cuidadosa estrategia, las WLAN pueden trabajar como un complemento muy importante de las redes 3G, ofreciendo servicios de banda ancha en lugares de alta concentración de tráfico como: aeropuertos, oficinas, centros comerciales, etc.

Las tecnologías y el mercado de las WLAN están en pleno crecimiento, algunas veces son compañías pequeñas que tienen sus recursos limitados. Los operadores móviles existentes, debido a su infraestructura y a su gran cartera de clientes tienen ventaja para poder explotar las WLAN públicas y así lograr que formen parte de sus negocios tradicionales. (Dusseldorp, 2002)

## **1.5 Objetivo.**

- Explorar el grado de conocimiento que tienen los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México de aspectos técnicos y de reglamentación de las WLANs.
- Corroborar que los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México están convencidos de que las WLANs son una oportunidad de negocio integrada a su infraestructura.
- Identificar las aplicaciones de mayor interés de las redes híbridas WLAN - 3G para los usuarios residenciales y corporativos.

## **1.6 Alcance y limitaciones del estudio.**

La metodología se centrará en la investigación realizada, así como en la información recopilada a través de encuestas a los proveedores de servicios de telecomunicaciones que operan en el país.

Dentro de las principales limitaciones que se presentan en el estudio, es que a pesar de la búsqueda de información en los distintos medios disponibles (libros, revistas artículos en línea), el tema de las redes de área local inalámbrica y su explotación junto con las redes de 3G, actualmente está cambiando constantemente para poder establecer

---

una directriz; esto debido a los diferentes organismos internacionales, proveedores de servicios, fabricantes y factores externos.

Además, es preciso considerar que la mayoría de las empresas de telecomunicaciones permanecen herméticas respecto a revelar las tendencias del mercado, ya sea por estrategia o bien porque su visión es no apostar por las tecnologías emergentes que aún no han logrado el impacto necesario en el mercado.

---

# Capítulo 2

## Servicios Móviles de Tercera Generación

El principal propósito de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000 (IMT-2000) o los sistemas de comunicación móvil de tercera generación (3G), es proporcionar una solución efectiva para los servicios móviles de próxima generación. La mejora que se ha presentado en las tecnologías para sistemas móviles de 3G en términos de capacidad, calidad de voz y facilidad de uso ha sido significativa.

El sistema de primera generación AMPS, logró traer a la realidad los conceptos celulares: re-uso de frecuencia y handoff. Este sistema fue mejorado a finales de los 90's y se logró ofrecer roaming entre Estados Unidos y otros países. Los sistemas de segunda generación (2G), formados principalmente por GSM, IS-136 y IS-95, permitieron proporcionar una mejora funcional significativa como codificación de voz, modulación digital, corrección de error y ecualización de canal. Los sistemas de telefonía digital móvil pueden ofrecer servicios de voz, datos, fax y permiten el roaming entre distintos países.

Con las redes de 3G se pretende ofrecer servicios de mayor capacidad y velocidad de transmisión de datos, hasta lograr proporcionar servicios multimedia que incluyen audio, video e imágenes. EDGE y GPRS, son dos tecnologías que se introducen para crear lo que se conoce como los sistemas 2.5G, su desarrollo se debe principalmente para lograr una convergencia suave hacia los servicios IMT-2000. En 1992 comenzó el desarrollo de los sistemas 3G, cuando la ITU formó el Grupo de Tarea (TG) 8/1, que empezó a trabajar en FPLMTS, el cual más tarde, en 1996 o 1997, recibió el nombre de IMT-2000. El desarrollo en TG 8/1 se aceleró en 1994, con la participación de agentes de gobierno, fabricantes y operadores a nivel mundial. En 1996, NTT y Ericsson iniciaron el desarrollo de 3G. En 1997, La Asociación de Industrias de Telecomunicaciones de Estados Unidos (TIA) eligió la tecnología CDMA para los servicios de 3G. En el mismo año, CDMA de banda ancha (W-CDMA), cdma2000, y 3G TDD (Time Division Duplex) fueron desarrollados por el Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal (UMTS), TIA 45.5 y China/Europa, respectivamente.

La tecnología de 3G puede soportar tres tipos de ancho de banda dependiendo la velocidad del movimiento:

- Anchos de banda de 144 kbps, con movimientos a alta velocidad,
- Anchos de banda de 384 kbps con peatones y
- Anchos de banda de 2 Mbps fijo (en edificios)

Un espectro de banda ancha y tasas de transmisión a altas velocidades son los principales requerimientos que presentan los sistemas 3G para poder ofrecer servicios de Internet móvil y multimedia. Sin embargo, el ancho de banda siempre está limitado. En la tabla 2.1 se enlista el espectro existente utilizado para los sistemas 2G y el nuevo

espectro asignado para los sistemas 3G. De acuerdo a la tabla, solo el 25% (155 MHz de 628 MHz) del espectro es creado recientemente para el uso de 3G. El espectro de 2G será re-usado en el futuro debido a la migración hacia 3G.

*Tabla 2.1 - Asignación del Espectro Terrestre para sistemas 2G y 3G*

ESPECTRO [MHz]	ANCHO DE BANDA [MHz]	SISTEMA
800	50	AMPS, IS-95, IS-136
900	50	GSM-900
1500	48	Japón PDC
1700	60	Corean PCS
1800	150	GSM-1800
1900	120	PCS
2100	155	3G

En un intento de adecuar las aplicaciones de 3G que no son compatibles con las aplicaciones existentes de Internet, se han desarrolla protocolos como WAP con un micro-browser y nuevas interfaces hombre-máquina, tales como reconocimiento de voz. (Lin, Chlamtac, 2001)

## 2.1 Aspectos Claves de los Sistemas 3G.

Dado que los usuarios comparten anchos de banda en los sistemas 2.5G, aunque estos introduzcan tasas de bit más altas que los sistemas 2G, no es algo con lo que el usuario pueda contar. La velocidad de acceso a Internet móvil se vuelve día con día una necesidad mayor para los usuarios ya que están acostumbrados a contar con anchos de banda generosos en sus casas u oficinas. Además se está creando una necesidad de dispositivos avanzados con pantallas más grandes que ofrecen gráficos finos y multimedia. Las velocidades que proporcionen los sistemas 3G serán mucho mayores hasta poder proporcionar cientos de Kbps durante un enlace. Se podrán alcanzar esas velocidades para canales tanto de circuitos conmutados como canales de paquetes conmutados (la tasa de bit resultante es altamente dependiente de la QoS escogida).

El acuerdo que se presente entre el usuario y el proveedor del servicio cuando se establece una conexión entre un usuario y la red va a depender del plan o la cuota de suscripción que se haya elegido. Este acuerdo indicara la calidad de servicio que será ofrecida al usuario (tasa de bit, etc.).

Al igual que como sucede en cdmaOne, una particularidad de los sistemas de 3G es que la tasa máxima de bit depende de la distancia en que se encuentre el dispositivo móvil de la estación base. Entre más se aleje uno de la estación base, será más difícil lograr altas velocidades. Las razones para que se presente esta situación son pequeñas diferencias en los sistemas de Acceso Múltiple por División de Código (cdma2000 y W-CDMA), pero para el usuario será lo mismo. En muchos casos las restricciones que se presentan en cuanto a las velocidades de transmisión se deben a cuestiones físicas. Se esta contemplando que los sistemas 3G estarán formados por redes en las que coexistan diferentes tecnologías Para W-CDMA, las áreas rurales quedaran fuera de cobertura, en esas áreas puede ser usado GPRS y el teléfono W-CDMA ejecutará un handover a GPRS cuando salga de la cobertura de W-CDMA. Este proceso da lugar a nuevos requerimientos en las aplicaciones por que deben ser capaces de funcionar a pesar de

---

que la tasa de bit disminuya. De la misma forma, en una red cdmaOne, la cobertura cdma2000 es muy probable que exista donde la capacidad y la demanda de tasas de datos más altas predominen. Los abonados, que cambien de una cobertura cdma2000 a cdmaOne, experimentarán una degradación de la QoS. (Andersson, 2001)

## **2.2 Calidad de Servicio (QoS) en 3G.**

Desde el punto de vista de los usuarios finales, QoS debe ser proporcionada con bases de punto final a punto final. Desde el punto de vista de la red, la QoS se definirá con un conjunto de parámetros. Se requiere utilizar eficientemente los recursos disponibles cambiando dinámicamente los parámetros de QoS durante una sesión de comunicación, trabajar conjuntamente con los esquemas actuales de QoS y ofrecer de fin-a-fin QoS a los usuarios. El servicio "end-to-end" en el nivel de aplicación se basa en servicios portadores divididos en tres segmentos:

- El servicio portador local proporciona una conexión entre el equipo terminal (TE) y una terminal móvil (MT).
- El servicio portador de 3G proporciona QoS para 3G.
- Un servicio portador externo provee la conexión a la otra parte en la llamada. Este portador puede utilizar varios servicios de red (otro servicio portador de 3G) conectando a la otra parte de la sesión de comunicación.

Sobre la interfase de radio, el servicio portador de acceso de radio proporciona transporte confidencial de señalización y datos del usuario para usuarios en movimiento sobre la interfase de radio (entre la MT y el centro de la red). El servicio portador de la red central utiliza un servicio de red de Backbone de 3G que cubre la funcionalidad de la capa 1 y la capa 2.

Los sistemas de 3G han definido cuatro clases de servicio basándose principalmente en la susceptibilidad en el retraso que puede tener el usuario hacia un servicio. Estas clases son: conversacional, de flujo, interactiva y de segundo plano. La clase conversacional es definida para la mayoría de las aplicaciones susceptibles al retraso (llamadas de voz tradicional y VoIP). La clase de flujo esta definida para aplicaciones de un solo sentido de audio y video en tiempo real. Las clases interactiva y de segundo plano son definidas para servicios de retraso insensible. La clase interactiva es usada para aplicaciones como Telnet, e-mail interactivo y navegación en la red. La clase de segundo plano esta definida para actividades como FTP o e-mail. También, los sistemas de 3G han definido varios parámetros de QoS en las especificación TR 23.907, se incluyen tasas de bits máximas, mínimas y garantizadas; orden de entrega, máximo tamaño de paquete, confiabilidad y más. Se ha presentado un reto mayor para los sistemas 3G el cual consiste en la definición de la compatibilidad entre los parámetros de QoS definidos para las redes móviles existentes y las redes fijas. En servicios de circuitos conmutados de 2G, solamente el tipo de canal y el ancho de banda pueden variar. Para el handoff entre redes 3G y 2G, la confiabilidad de retraso y ancho de banda son los parámetros más significativos.

En cuando a lo que se refiere a aplicaciones de Internet, la calidad de servicio en 3G deber ser mapeada de las definiciones de QoS de Internet, de los atributos para los servicios integrados y de los servicios diferenciados. Los parámetros de QoS de esos tipos de servicios de Internet son controlados por las aplicaciones (TE). Esos parámetros de QoS de aplicaciones específicas de IP son mapeados dentro de los paquetes por un gateway de 3G a la frontera del centro de la red de 3G. (Lin, Chlamtac, 2001)

### 2.3 W-CDMA y cdma2000.

W-CDMA y cdma200, basados en CDMA, son los estándares de 3G que se han convertido en los más importantes para IMT-2000. Se pueden identificar muchas características distintivas entre ellos (tabla 2.2). W-CDMA utiliza señales con multiplexación por división de tiempo (TDM), por lo cual la información de la estimación del canal es recogida por otro flujo de señal. Este método reduce la potencia modelo completamente. En contraste, cdma2000 utiliza un modelo común de multiplexación por división de código, por lo cual la información de estimación del canal se obtiene con el flujo de la señal. No se requiere un sincronizador de tiempo en la estación base para W-CDMA mientras que en cdma2000 es necesario para proporcionar una disminución de la latencia y una reducción de llamadas caídas durante un handoff suave.

Tabla 2.2 - Comparación de W-CDMA y cdma2000

TECNOLOGÍA	W-CDMA	CDMA2000
Tasa de Chip	4.096 MCps	3.6864 MCps
Estructura Modelo de Enlace	Modelo dedicado con TDM	Modelo común con CDM
Sincronizador de Tiempo en la estación base.	Asíncrono	Síncrono
Modo de Enlace		Modo multi-portador capaz de cubrir portadoras IS-95

Si se pretende lograr un desarrollo exitoso para IMT-2000 se requiere lograr una compatibilidad y armonía entre W-CDMA y cdma2000, para eso, dos eventos resultaron cruciales: el primero es la adquisición de Ericsson de la división de infraestructura de Qualcomm, lo cuál resolvió el enfrentamiento de derechos de propiedad intelectual entre las dos compañías y el segundo es la adopción de las recomendaciones del Grupo de Armonización de Operadores (OHG) por las mayores compañías. El OHG ha planteado un esquema de armonía para estos dos estándares:

- Proporcionar los fundamentos para acelerar el crecimiento del milenio de 3G.
- Crear una sola especificación integrada de 3G CDMA y procesos para separar los propósitos de W-CDMA y cdma2000 que se están desarrollando para el Proyecto de Conjunto de tercera generación (3GPP) y 3GPP2.

Los esfuerzos de OHG han resultado en:

- Un modo de propagación directo con una tasa de chip de 3.84 MCps para nuevas bandas de frecuencia, y un modo multi-portadora con una tasa de 3.6864 MCps para operaciones sobrepuestas para señales IS-95.

- Un modelo CDM (Multiplexación por División de Código) agregado para un modo de propagación directo.
- Una solución armónica para SCDMA (un sistema de tercera generación de modo TDD propuesto por China)

Se ha llegado a un acuerdo de compartir las licencias de propiedad intelectual en términos justos, razonables y no discriminatorios para el desarrollo de 3G. Las dos tazas de chip y los dos sistemas síncronos y asíncronos (listados en la tabla 2.2) muy probablemente convivirán pero es probable que la armonía de 3G no se pueda lograr en la capa física. Los esfuerzos se centraran en lograr la interoperabilidad de protocolos de capas más arriba para W-CDMA y cdma2000, lo cual resulta en costos más altos con un menor desempeño.

Principalmente los grupos de trabajo de 3G se han concentrado en la capa física y en la capa de control de acceso al medio (MAC). Se han seleccionado tres radio-módulos para el acceso de radio de 3G CDMA:

- Modo 1. Doble división de frecuencia de secuencia directa (Direct Sequencing Frequency Division Duplex, DS-FDD)
- Modo 2. Multi-portador (MC) de doble división de frecuencia (FDD).
- Modo de doble división de tiempo (TDD).

Las características de los tres modos están listadas en la tabla 2.3 y en la figura 2.1 se ilustran los tres estándares de radio. El modo DS se basará en W-CDMA y el modo MC en cdma2000. TDD es un modo de banda impar para facilitar la comunicación inalámbrica interior, este modo proporciona servicios de datos asimétricos y es una solución potencial de bajo costo. Se tiene que hacer notar que los dos modos TDMA también han sido seleccionados como acceso de radio de 3G: UWC-136 portadora-única (SC) y DECT tiempo en frecuencia (FT). (Lin, Chlamtac, 2001)

Tabla 2.3 -. Acuerdo de Armonización de los Métodos de 3G CDMA

MÉTODO	FDD (DS)	FDD (MC)	TDD
Tasa de Chip	3.85 MCps	3.6864 MCps	3.84 MCps
Modelo Común	CDM	CDM	Será determinado
Modelo Dedicado	TDM	CDM	Será determinado
Sincronización de la estación base	Asíncrono/Síncrono	Síncrono como cdma2000	Será determinado

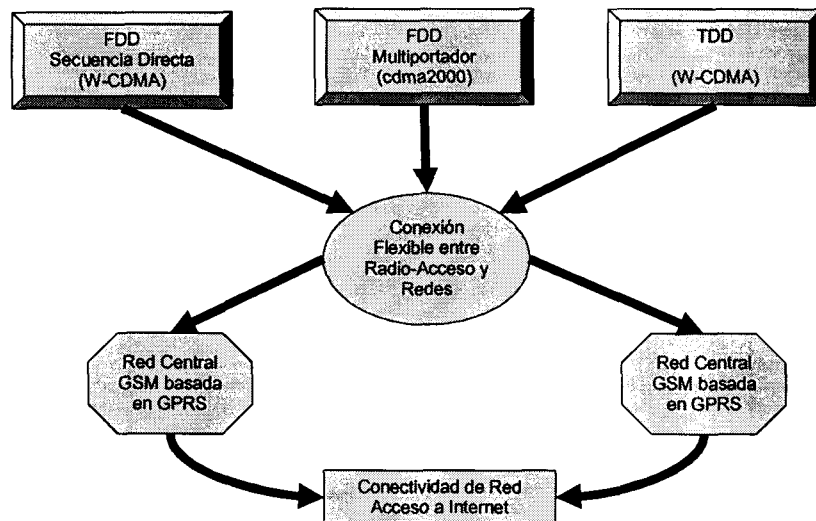


Figura 2.1- Los tres estándares de Radio.

### 2.3.1 Características Comunes de los Sistemas 3G CDMA.

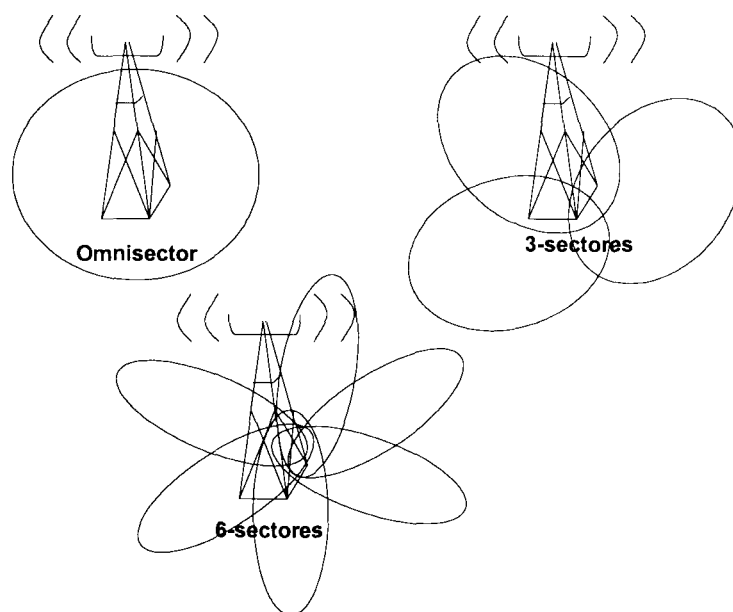
Mientras cdma2000 no necesita tantas actualizaciones de hardware y se puede implantar sin nuevas estaciones bases, W-CDMA requiere de radio bases y controladores nuevos para poder tener una nueva interfase de radio. Pero para W-CDMA, un Controlador de Radio-Red (RNC), reemplaza el BSC, y tiene la capacidad de realizar varias tareas que también pueden ser ejecutadas en cdma2000:

- **Handover:** Normalmente consiste en asegurarse de que un móvil pueda moverse entre las estaciones base sin ser interrumpido, pero para 3G, el concepto de handover es ampliado; un móvil puede estar conectado a varias celdas al mismo tiempo y recibir datos de todas ellas. Un receptor en el dispositivo móvil recoge las señales de diferentes fuentes y las combina en una sola señal.
- **Control de Admisión:** Es necesario que se establezcan prioridades para realizar las conexiones de los usuarios con la red. La función de control de admisión tiene como tarea evaluar las peticiones para las nuevas conexiones y los cambios para las existentes asegurándose de que se tomen decisiones equitativas. Los usuarios que tenga alta prioridad entraran al sistema reduciendo el ancho de banda de los usuarios conectados, es posible que no se admitan algunos usuarios, esto dependerá de la sobrecarga del sistema. El proceso será en base a la calidad de servicio contratada por el usuario.
- **Asignación de Código:** En CDMA, a diferencia de TDMA, los usuarios envían al mismo tiempo la información, separados por diferentes códigos. Estos códigos son pseudoaleatorios, de esta manera la interferencia entre diferentes usuarios de diferentes celdas es mínima. El caso óptimo sería si cada usuario utilizara códigos ortogonales (códigos que no interfieren con ningún otro).



- 
- **Control de Potencia:** En CDMA, el principal recurso es la potencia que utiliza la estación base para llegar al móvil y la potencia que el móvil requiere para llegar a la estación base. Si se está muy alejado de la estación base y se requiere aumentar la tasa de bits es necesario incrementar la potencia. Existen algoritmos de control de potencia que asegurarán que el usuario reciba los datos que son enviados y que los usuarios sean asesorados de enviar tales niveles de potencia de manera que todos lleguen con la misma magnitud de señal a la estación base.

Las tareas que realiza la estación base solo difieren en 2G en que la cantidad de servicios ha aumentado al igual que su complejidad. Para que los sistemas puedan llegar hasta conexiones de 128 Kbps con los mismos recursos que son usados actualmente para dos llamadas de 64 Kbps solo es necesario aumentar funcionalidades a la estación base. En los sistemas 2G, por otro lado, los recursos de la estación base fueron dedicados a menudo a una o dos tareas. Las antenas que están conectadas a la estación base pueden ser configuradas en varias maneras (ver figura 2.2); para un área rural, es mejor utilizar un omni-sector, mientras para áreas en las que hay una cantidad de tráfico se ajustan mejor estaciones base de tres o seis sectores.



*Figura 2.2 - Configuraciones de estaciones base.*

Como se mencionó anteriormente, la potencia en la estación base y en los móviles es realmente importante. El control de admisión y el control de potencia, asegura que un solo móvil no consumirá todo el nivel de potencia de una estación base, el problema se presenta en el enlace del móvil a la estación base ya que el móvil tiene un límite de la potencia que puede usar. La solución se deja a que el móvil disminuya su tasa de bit conforme se aleja de la estación base a menos de que encuentre una nueva celda a la que pueda unirse. Una aplicación debe estar preparada para aceptar una tasa de bit más baja cuando esta situación ocurre y degradar el servicio si es posible.

Entre mas usuarios estén conectados a la estación base, menor será la potencia que se pueda asignar a cada uno, el tamaño de la celda se vuelve más pequeño porque la estación base de una celda sobrecargada solo tiene potencia para llegar a aquellos que se encuentran más cerca. A este fenómeno se le conoce "Cell Breathing" (ver figura 2.3).

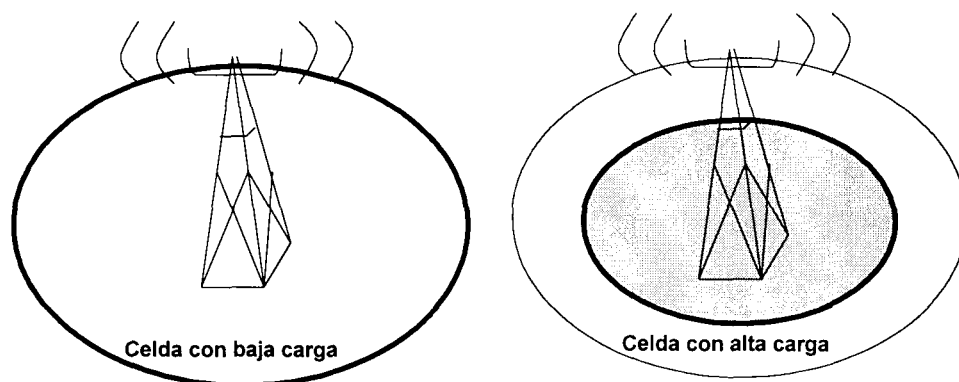


Figura 2.3 - Cell Breathing.

Una celda grande puede cubrir la misma área que varias celdas pequeñas, comportándose como el respaldo de las pequeñas y como la opción ideal de los usuarios que se mueven rápidamente. Normalmente son llamadas macro-celda y a las pequeñas se les conoce como micro-celda. El automóvil de la figura 2.4 debe de conectarse a la macro-celda para no tener que hacer un handoff con cada micro-celda y permitirá que no se presente una sobrecarga del sistema.

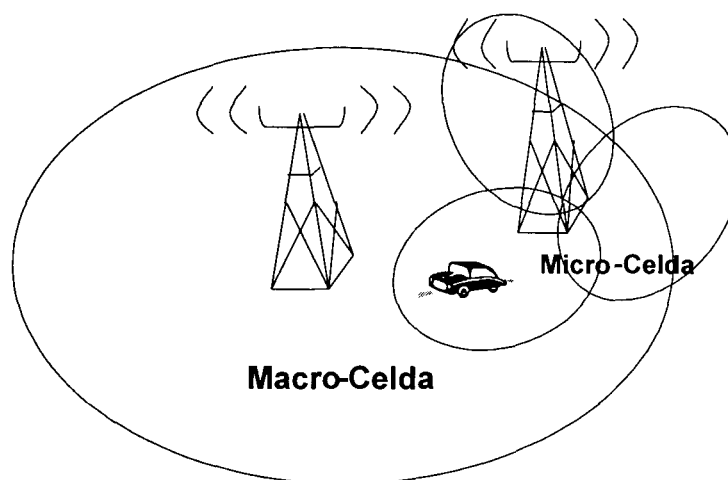


Figura 2.4.- Macro y Micro Celdas.

Para poder manejar esta situación y muchas otras se requiere agregar más canales físicos a un dispositivo de acuerdo a los servicios adicionales que vaya requiriendo el usuario. El problema es que la terminal necesita tener un equipo transmisor-receptor para cada canal físico, lo cual aumenta en costo a los teléfonos. Los

---

sistemas 3G tienen la funcionalidad de crear varios canales lógicos (voz, datos, etc.) para cada canal físico. Las características de cada canal pueden ser muy variadas (Andersson, 2001)

La elección óptima de una tecnología de 3G para un operador es una de las principales preguntas. Ha habido un esfuerzo sustancial por las partes que participan para promover las diferentes tecnologías, por lo que deben considerar los siguientes parámetros para escoger la tecnología mas apropiada:

- Licencia en la banda de 2 GHz.
- Sistemas actuales 2G/2.5G.
- Sistemas de los competidores.
- Tamaño del área a ser cubierta, costo de cobertura.
- Inversión disponible.

### 2.3.2 W-CDMA.

GSM tiene la capacidad de poder manejar eficientemente la voz, pero el soporte que ofrece para datos está muy limitado. GPRS (Servicios de Radio de Paquetes Generales) es una tecnología de recubrimiento que se agrega en la parte alta de los sistemas GSM; esto permite introducción de los paquetes de datos dentro de los sistemas GSM. W-CDMA es simplemente otra migración para los operadores de GSM después de GPRS.

Existen dos modos diferentes dentro del estándar W-CDMA: Doble División en Frecuencia (FDD) y Doble División en Tiempo (TDD). El modo TDD opera en la banda impar en 2010-2025 MHz y es una mezcla de TDMA y CDMA. Este modo es el más usado bajo techo y estará disponible probablemente un poco después que DS-CDMA.

W-CDMA introduce una nueva interfase de radio que casi siempre es implementada en un nuevo espectro. El espectro primario usado para DS-WCDMA (W-CDMA) es 1920-1980 MHz para el enlace de subida y 2110-2170 MHz para el enlace de bajada. Esta banda es conocida como la banda de 2 GHz.

La actualización de 3GPP de 1999 describe la primera edición de W-CDMA y ofrece servicios de circuitos conmutados y paquetes de datos. Debido a que se cuentan con diferentes tasas de bits para cada servicio, para los canales de paquetes de datos, el sistema puede cambiar entre ellas sin que el usuario lo note, maximizando la capacidad total del sistema. La tasa de bit para un canal se calcula dividiendo la tasa del chip entre el factor de dispersión, como se muestra en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 - Factores de Dispersión por Diferentes Tasas de Bit

Tasa de Bit por Usuario (Kbps)	Factor de Dispersión	Tasa del Chip (Mcps)
30	128	3.84
60	64	3.84
120	32	3.84
240	16	3.84
480	8	3.84
960	4	3.84
1920	2	3.84

El factor de dispersión determina que tan amplio se puede utilizar un código cuando se propagan los datos y la tasa del chip es específica del sistema e indica la tasa de bits que son enviados en el aire. Para W-CDMA, la tasa de chip es 3840 bits por segundo (un bit sobre el aire es llamado comúnmente un chip). Los sistemas 3G introducen una mejora en el soporte de QoS a diferencia de GPRS. El perfil de QoS para una conexión es negociado en el contexto del Protocolo de Datos de Paquetes (PDP). El móvil y la red conocen este perfil. Cuando una conexión es solicitada del móvil, este perfil es utilizado para configurar los recursos que son necesitados en la parte de radio y en la red.

A continuación se resumen en la tabla 2.5 las clases de servicios disponibles en los sistemas 3G:

Tabla 2.5 - Clases de QoS.

Clase de Tráfico	Clase Conversacional	Clase de Flujo	Clase Interactiva	Clase de Segundo Plano
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo Retraso</li> <li>Conserva relación de tiempo entre los paquetes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conserva relación de tiempo entre los paquetes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solicita patrón de respuesta.</li> <li>Conserva la integridad de los datos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejor esfuerzo.</li> <li>Conserva la integridad de los datos.</li> <li>Datos no críticos en tiempo.</li> </ul>
Aplicaciones Típicas	Voz, juegos de alta intensidad.	Flujo de multimedia	Navegación en la red.	Sincronización en segundo plano, descargas, etc.

### 2.3.3 cdma2000

El sistema cdma2000, en sus dos fases de introducción (1X y 1xEV) es compatible con los sistemas cdmaOne. La interfase de radio es similar a W-CDMA con una diferencia grande: está desarrollada en 1.25 MHz de espectro, así que es ideal para desplegarla en un espectro existente hasta arriba de las redes existentes de cdmaOne. cdma2000 1X se desarrollo en el 2001 por la mayoría de los operadores de cdma2000 y ya ha sido aplicada en Corea. La actualización es simple y similar a la de GPRS para GSM. Las principales funcionalidades son agregadas con actualizaciones de software. cdma2000 1X puede enviar teóricamente tasas de bit de más de 200 Kbps, pero normalmente el promedio es de 144 Kbps.

Parece ser que el estándar cdma2000 1X ha sido aceptado comúnmente por todos, la migración después de eso fue un tema abierto para muchos operadores en el 2001. Dentro del grupo de estandarización, existieron tres pasos propuestos de migración para 3G:

- 3X RTT
- 1eXtreme
- 1xHDR

---

La evolución de cdma2000 más allá de 1X se conoce ahora como cdma2000 1XEV. 1XEV será dividido en dos pasos: 1XEV-DO y 1XEV-DV.

- 1XEDV-DO es 1X Evolution Data Only
- 1XEV-DV es 1X Evolution Data and Voice

Ambos pasos de evolución de 1XEV se proporcionan para servicios avanzados en cdma2000 usando una portadora estándar de 1.25 MHz. 1XEV-DO estará disponible para los operadores durante el año 2002 y proporcionará tasas de datos altas en los sistemas 1X. 1XEV-DO requerirá una portadora aparte para datos, pero esta portadora será capaz de no intervenir a una portadora 1X si son necesitados simultáneamente servicios de voz y datos. Asignando una portadora separada para datos, los operadores podrán ofrecer a sus clientes tasas pico que excedan de 2 Mbps.

Las soluciones 1XEV-DV estarán disponibles aproximadamente en dos años después de 1XEV-DO. 1XEV-DV traerá servicios de voz y datos dentro de una portadora para cdma2000. Una portadora 1XEV-DV proporcionará no solamente datos y voz a alta velocidad simultáneamente, también será capaz de ofrecer servicios de paquetes en tiempo real. Esto indica que la QoS para tasas de datos mas allá de 144 Kbps se presentarán en las redes cdma2000 con la llegada de 1XEV-DV. (Andersson, 2001)

## 2.4 Antecedentes de la Telefonía Celular en México.

El año de 1989 marca el arranque de la telefonía celular en México mediante la implantación de sistemas inalámbricos de primera generación con la tecnología AMPS basada en acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA).

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el mismo año, publicó la invitación para prestar el servicio público de telefonía móvil mediante concesiones por término de 20 años.

Con el fin de administrar la prestación de servicios inalámbricos el país se dividió en 9 regiones como se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 - Regiones de México para la prestación del servicio celular

Región	Entidad Federativa Comprendida
1	Baja California Norte y Sur, Sonora (Río Colorado)
2	Sinaloa, Sonora (excepto San Luis Río Colorado)
3	Chihuahua, Durango, Coahuila (Francisco I. Madero, Matamoros, San Pedro, Torreón, Biseca)
4	Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila
5	Colima, Michoacán, Nayarit, Jalisco (excepto algunos municipios)
6	Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, San Luis Potosí, Zacatecas
7	Guerrero, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala, Veracruz
8	Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán
9	Hidalgo, Edo. de México, Morelos, Distrito Federal

Comercialmente los servicios se iniciaron en 1990. Las licencias fueron subastadas para dar servicios de telefonía celular en la banda de 800 MHz. Para esta banda se adoptó una canalización de dos bloques de frecuencias denominados "A" y "B" (ver tabla 2.7 y figura 2.5).

Tabla 2.7 - Bloques de Frecuencia "A" y "B" para la banda de 800 MHz

Bloque	Sub-Banda (Tx móvil) MHz	Sub- Banda (Tx base) MHz
A	824 – 825	869 – 870
A	825 – 835	870 – 880
B	835 – 845	880 – 890
A	845 – 846.5	890 – 891.5
B	846.5 – 849	891.5 – 894

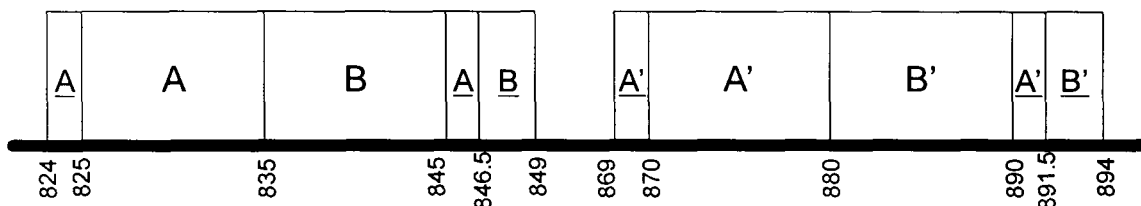


Figura 2.5. - Canalización en dos bloques de frecuencia

Dado el éxito de la telefonía celular, el espectro disponible se congestionó rápidamente, por lo que se buscaron maneras de optimizarlo para satisfacer las crecientes necesidades de estos servicios. Ante tales necesidades, varias administraciones decidieron introducir sistemas de comunicación personal (PCS) con tecnología digital de generación más avanzada (2G) utilizando la banda de 1850 y 1900 MHz.

En 1998, la COFETEL concluyó la subasta para el otorgamiento de concesiones para el uso, aprovechamiento y explotación de bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico para la prestación del servicio de telefonía inalámbrica fija o móvil en la banda de 1900 MHz. Mediante un proceso de subasta ascendente se licitaron cuatro bloques de frecuencias, dos con un ancho de banda de 30 MHz (2 x 15 MHz), bloques A y B y dos de 10 MHz (2 x 5 MHz), bloques D y E.

Los resultados de esta subasta realizada por la COFETEL se muestran en la tabla 2.8:

Tabla 2.8 - Resultados de la subasta de la COFETEL

Región	Bandas Subastadas y Posturas (Miles de Pesos)			
	A (30 MHz)	B (30 MHz)	D (10 MHz)	E (10 MHz)
1	UNEFON 161,544	PEGASO/QUALCOMM 162,523	TELCEL 152,400	IUSACELL 137,870
2	UNEFON 29,560	PEGASO/QUALCOMM 31,642	TELCEL 15,000	MIDICELL 14,870
3	UNEFON 101,656	Desierta 0	TELCEL 70,100	PEGASO/QUALCOMM 70,000
4	UNEFON 616,877	PEGASO/QUALCOMM 588,488	TELCEL 363,300	IUSACELL 355,251
5	UNEFON 20,397	Gpo. Hermes 20,160	TELCEL 6,300	PEGASO/QUALCOMM 6,400
6	UNEFON 289,669	PEGASO/QUALCOMM 286,811	TELCEL 89,650	MIDICELL 81,077
7	UNEFON 70,876	MIDICELL 75,941	TELCEL 82,800	PEGASO/QUALCOMM 82,121
8	UNEFON 9,000	DESIERTA 0	TELCEL 6,800	PEGASO/QUALCOMM 6,700
9	UNEFON 892,500	PEGASO/QUALCOMM 941,506	TELCEL 485,100	MIDICELL 479,160
Totales	2,192,079	2,107,071	1,271,450	1,233,449
			Total Subasta	6,804,048

La introducción de la telefonía celular en México vino a constituir uno de los negocios más provechosos para las compañías nacionales y extranjeras. Los inversionistas se encontraron en 1990 con todo el territorio nacional virgen y con la ventaja de la existencia de un servicio telefónico tradicional, profundamente negligente e ineficiente. A cuatro meses que fue anunciado que se concesionarían estos servicios, una docena de empresas transnacionales (AT&T, Ericsson, Motorola, Nokia, etc.) empezaron a incluir en sus planes de expansión la introducción y explotación de la tecnología celular en el país.

#### 2.4.1 Operadores de Telefonía Celular en México.

- **Radio-móvil DIPSA (TELCEL):** Telcel lanzó su red analógica AMPS en 1989 y en 1998 introduce su infraestructura con equipo digital TDMA, Telcel obtuvo el bloque D en la banda de 1900 MHz a nivel nacional. Esta compañía desplegó su red inalámbrica hacia la nueva banda de 1900 MHz, expandiendo al mismo tiempo su red celular en la banda de 800 MHz en una infraestructura común basada en IS-136. Esta se considera la primera tecnología comercialmente disponible que trabaja en banda dual (800 MHz y 1900 MHz) y modo dual (analógico y digital) de manera totalmente integrada. Actualmente Telcel está en el proceso de migración de su red IS-136 a GSM/GPRS. Telcel sigue dominando el mercado con el 70 % de los suscriptores y una cobertura nacional superior a la de sus competidores.

- Telefónica Móviles:** Desde marzo del 2001, ésta empresa unificó las compañías Cedetel, Norcel, Movitel, Baja Celular, empresas mexicanas que ahora tienen la denominación de "Telefónica Móviles de México", que actuará como filial del Grupo Telefónica Móviles para el mercado mexicano. Telefónica Móviles aspira convertirse en uno de los cinco mayores operadores globales. Recientemente concretó la adquisición de Pegaso PCS, el cual colabora con varios proveedores locales e internacionales (Grupo Pegaso, Sprint, PCS, Leap Wireless, Citicorp, LAIF y Nissho Iwai). Pegaso construyó la primera red 100 % digital en México, utilizando tecnología CDMA en la banda de 1900 MHz, esta empresa obtuvo los segmentos B y E en diferentes regiones y entró en operación en julio de 1999 en 4 de las principales ciudades de México.
- IUSACELL:** Cuenta con servicios digitales y analógicos. Además de cuenta con licencias en la banda A en las cuatro regiones centrales del país. En 1989 procede con un servicio de AMPS y en 1998 empieza a comercializar el servicio digital CDMA. En este mismo año, ante la aceptación del mercado, decide extender sus redes analógicas a digitales. Posteriormente, en febrero de 1999 firma un contrato con la empresa LUCENT para la instalación de la red CDMA en dos franquicias del norte. Adicionalmente cuenta con concesiones para proveer servicios PCS en las regiones 1 y 4 del norte de México. En Octubre del 2001 Iusacell concluyó exitosamente la adquisición del Grupo Portatel S.A. de C.V., el proveedor de telefonía celular en la banda A en el sureste de México, que introduce en 1990 su primera red AMPS.
- UNEFON:** Obtuvo el bloque A a nivel nacional e inició operaciones en dos ciudades a fines de 1999, incluyendo la Ciudad de México y área conurbana.

La tabla 2.9 describe las principales características de los operadores de telefonía móvil en nuestro país:

*Tabla 2.9 - Principales Operadores de Telefonía Celular en México.*

Operador	Cobertura	Socios Mayoritarios	Estándar	Tecnología	Banda de Frecuencia (MHz)	Tipo de Modulación
TELCEL	Nacional	Grupo Carso	AMPS IS-136 GSM	AMPS TDMA TDMA/FDMA	800 800/1900 1900	FM $\pi/4$ DQPSK GMSK
IUSACELL	Reg. 1, 4, 5, 6, 7, 8 y 9	Versión, Vodafone	AMPS CDMA	AMPS CDMA	800 800/1900	FM QPSK
Telefónica Móviles	Reg. 1, 2, 3, y 4	Telefónica	CDMA/AMPS	CDMA/AMPS	800/1900	FM/QPSK
PEGASO	Nacional	Grupo Pegaso, Sprint	CDMA	CDMA	1900	QPSK
UNEFON	Nacional	TV Azteca	CDMA	CDMA	1900	QPSK



## 2.4.2 México hacia 3G.

Los concesionarios de telefonía inalámbrica en México seleccionan libremente la tecnología a emplear, teniendo cuidado que los servicios contemplados en su concesión (licencia) sean prestados dentro de los márgenes de calidad requeridos. Es decir, la autoridad reguladora no impone a los concesionarios el tipo de tecnología que deben utilizar, en cambio sí promueve y alienta a que se introduzcan nuevas tecnologías y se modernicen las redes que prestan el servicio.

Existe un factor muy importante en la selección que haga nuestro país hacia 3G, el cuál consiste en que nuestro país tiene una larga frontera terrestre con los Estados Unidos de Norteamérica y acuerdos de reciprocidad y protección de señales radioeléctricas trans-fronterizas. La importancia de tender hacia un mercado común nos obliga a alinear en lo posible la atribución de frecuencias nacionales con aquella de nuestros vecinos y principales socios comerciales, y esto se llevaría a cabo con mayor facilidad al compartir las mismas tecnologías de 3G. Al admitir que el mayor impacto en las telecomunicaciones modernas estará dado por los sistemas móviles personales, se reduce fácilmente el porqué del interés mundial por las bandas de frecuencias que brinden las características óptimas de estos sistemas:

- Menor requerimiento de potencia.
- Mejor penetración y cobertura.
- Menor efecto por velocidad de desplazamiento.
- Mayor ancho de banda posible.
- Etc.

De manera práctica, se puede decir que las frecuencias propicias para las aplicaciones móviles se extienden desde los cientos de KHz hasta una frontera tecnológica de propagación radioeléctrica que se sitúa entre los 3600 MHz y 3700 MHz. Hacia valores más altos se requiere de línea de vista casi de manera forzosa.

En México la administración del espectro radioeléctrico es regulada por la COFETEL, quién se encarga de llevar a cabo las licitaciones y subastas para la distribución del espectro. La figura 2.6 muestra la atribución del espectro radioeléctrico a los servicios IMT-2000 en México.

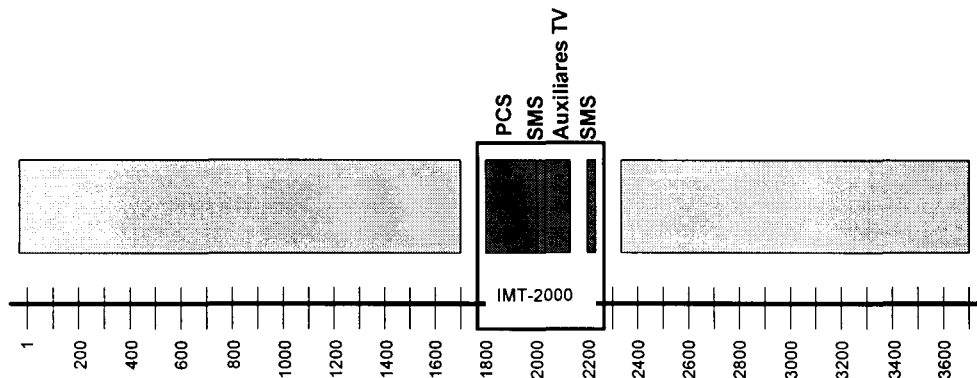


Figura 2.6. - Atribución del Espectro Radioeléctrico a Servicios IMT-2000 en México

---

En los análisis realizados a México, tendientes a contribuir a los trabajos a nivel regional y mundial para la determinación de los planes de frecuencias que permitan la introducción eficiente de los sistemas de 3G, se han identificado los siguientes principios fundamentales:

- Evolución de los sistemas actuales maximizando las inversiones hechas hasta el momento en sistemas de 2G, garantizando su evolución hacia 3G.
- Uso eficiente del espectro radioeléctrico.
- Facilitar el roaming global.
- Factibilidad tecnológica.
- Compatibilidad entre sistemas 3G para tener acceso a las economías de escala.
- Uso de frecuencias que garantice el futuro desarrollo de los sistemas 3G.

---

# Capítulo 3

## Wireless LAN

Una red inalámbrica de área local se puede definir como una red de comunicación de datos implementada como una extensión o una alternativa para una LAN convencional. Las WLANs transmiten y reciben datos en el aire usando ondas electromagnéticas y logran minimizar la necesidad de conexiones con cables. Las WLANs combinan la conectividad de datos con la portabilidad del usuario.

En los últimos años las WLAN han tenido gran aceptación en diferentes mercados entre los cuales se pueden distinguir el médico, manufactura, almacenamiento y áreas académicas. Ganancias en productividad son los beneficios que esos mercados han obtenido por el uso de terminales portátiles y laptops debido a que les permiten transmitir información en tiempo real. Solamente en los Estados Unidos el mercado de las WLANs está alcanzando rápidamente ingresos de \$1 billón de dólares. (The Wireless Lan Alliance, 1999)

### 3.1 Justificación de las WLANs.

Actualmente el costo de los componentes de las redes inalámbricas de acceso local es mayor comparado con los componentes de una LAN convencional, este se debe a que la tecnología que se requiere es muy especializada y la demanda de productos no es suficiente para producir los componentes en masa y reducir los costos de fabricación. Independientemente de esto, las WLANs pueden resultar más económicas a largo plazo, principalmente debido al costo reducido con respecto a los movimientos, agregados y cambios que son un componente central del costo del ciclo de vida de casi toda instalación de una LAN. El uso que se le ha dado a las WLANs es muy variado y a continuación se presentan varios ejemplos:

- *Fábricas:* Puede ocurrir que el cableado pueda interferir con otros equipos o el ruido de RF afecte la banda base de las redes cableadas.
- *Sitios remotos y oficinas filiales:* Normalmente en estos lugares no se tiene disponible el *expertise* para operara una LAN, por tanto las computadoras equipadas con tarjetas WLANs pueden ser pre-configuradas y enviadas.
- *Tiendas minoristas:* Se requiere comunicación en tiempo real para el registro del efectivo, administrar la mercancía y hacer los reportes financieros.
- *Aplicaciones de alta seguridad:* En estas aplicaciones es necesario asegurarse que no existan cables maltratados (físicamente o vía emisiones de RF). Normalmente se manejan sistemas infrarrojos para estas aplicaciones.

- 
- *Obstrucciones físicas:* Pueden ser muros de metal o concreto reforzado o si se pretende enlazar algún patio descubierto o espacios decorados.
  - *Edificios históricos:* El material con el que están contruidos hace imposible el cableado de una red.
  - *Reestablecimiento de desastres:* La instalación de un equipo previamente configurado se puede instalar rápidamente.
  - *Doctores y enfermeras:* Estos pueden ser más productivos ya que manejan terminales portátiles y laptops y cuentan con la capacidad de entregar la información de los pacientes instantáneamente.
  - *Sitios de entrenamiento en empresas y estudiantes en universidades:* Las redes inalámbricas les facilitan el acceso a la información, intercambio de información y aprendizaje.
  - *Administradores de red:* Implementan WLANs para proporcionar un respaldo para aplicaciones críticas que corren en redes cableadas.
  - *Meseros de restaurantes y representantes de servicios de renta de autos:* Proporcionan un servicio mas rápido capturando y consultando la información del cliente en tiempo real.
  - *Altos ejecutivos:* Pueden tomar decisiones críticas rápidamente gracias a poder consultar la información en tiempo real.

Finalmente, está el caso en el que no haya simplemente más espacio para cualquier cableado. En estas situaciones, las WLANs son la última opción a recurrir. (Ganesh and Pahlavan, 2000)

### **3.2 Redes Microcelulares**

Las WLANs abrieron la posibilidad a los usuarios de poder estar conectados a una LAN en cualquier parte de un departamento, edificio o incluso un campus. La capacidad de poder contar con un dispositivo portátil que pueda funcionar en la oficina, casa o en cualquier lugar ha sido la base para el desarrollo que han tenido estos dispositivos. Sin embargo, una computadora desconectada de la red, sin contar con los beneficios de una lan y sin importar que tan poderosa sea, reduce significadamente su valor.

Las WLANs son típicamente implementadas con una combinación de una infraestructura fija puesta en marcha con puntos de acceso distribuidos alrededor de un edificio o campus y un adaptador de WLAN móvil (conocida formalmente como tarjeta PCMCIA) para cada PC en movimiento. La mayoría de las tarjetas fabricadas son de una sola pieza con una antena integrada. Algunos modelos permiten una variedad de configuraciones de antena y algunos están diseñados en dos piezas.

---

La WLANs se comportan muy similarmente a una red de telefonía celular. Los usuarios cambian de puntos de acceso conforme salen del rango de cobertura. La colocación de los puntos dependerá de las limitaciones de la radiofrecuencia, especialmente en ambientes bajo techo y la necesidad de proporcionar una cobertura uniforme en lo que puede ser un área relativamente grande. (Ganesh and Pahlavan, 2000)

### 3.3 Requerimientos de las WLANs

Según comenta Santamaría (1995), los requerimientos más importantes que son necesarios implementar para lograr que las WLANs logren una confiabilidad plena en el mercado han sido clasificados en:

- Confiabilidad.
- Transparencia.
- Rendimiento.
- Seguridad.
- Movilidad.
- Flexibilidad.
- Precio.
- Regulación.

**Confiabilidad:** Uno de los principales requerimientos de las WLANs es el tratar de conservar la tasa de error en el mismo nivel que en las LAN cableadas. La probabilidad de error en los enlaces de una LAN convencional es menor a  $10^{-9}$ . Esta es una difícil tarea ya que los sistemas inalámbricos manejan razones de señal-a-ruido (S/N) menores a los enlaces cableados y cuando se utiliza comunicación celular, el cambio de celda es una fuente adicional de errores y de pérdidas de la señal. Este problema es insignificante para comunicaciones de voz, pero es importante para la transmisión de datos.

**Transparencia:** El software existente tiene que trabajar con ambos tipos de redes ya que compartirán un mismo entorno. Pensando en el modelo OSI, solamente las capas uno y dos (física y de enlace) serán diferentes.

**Rendimiento:** Las WLANs deben poder trabajar a la misma tasa de datos que las LAN cableadas.

**Seguridad:** La encriptación de datos es obligatoria en las WLANs. Nadie permitirá que los datos fluyan sin tener ningún control sobre ellos. Para evitar una degradación en el desempeño, la encriptación se tiene que hacer mediante hardware usando códigos o por el mismo método de transmisión (técnicas de espectro disperso). Es necesario que hagan identificaciones y validaciones de las terminales que deseen integrarse a la red para no estar expuestos a accesos no deseados. El control de estas acciones depende de la capa de transporte y de los siguientes niveles.

---

**Movilidad:** Se pueden definir dos tipos de movilidad. El primero, conocido como movilidad completa y es la capacidad de enviar y recibir información mientras se esta en movimiento dentro de un área cubierta por una WLAN. El segundo tipo conocido como movilidad débil o portabilidad, es la capacidad de tener una conexión a la red colocando una terminal dentro de la cobertura de una WLAN, pero sin movimiento.

**Flexibilidad:** El número de nodos activos en una WLAN puede cambiar mientras que la red esta operando, por lo que los protocolos para la incorporación o exclusión de terminales deben ser minimizados.

**Precio:** La ventaja de una WLAN es que maneja un costo de configuración de casi cero. Pero el equipo para las WLANs en general es más complejo y más caro que el equipo requerido para las LANs cableadas.

**Regulación:** Es necesario que los niveles de potencia usados por las WLANs no sean dañinos para la salud y no provoquen interferencia a otros sistemas existentes. Las regulaciones nacionales e internacionales pueden hacer que una tecnología no sea aplicable para un entorno definido.

### 3.4 Tecnologías de las WLANs.

Las redes inalámbricas de área local utilizan principalmente tecnologías de radio frecuencia en las bandas de 2.4 y 5.8 MHz. Esto se debe a que estas bandas no están reguladas y no se requiere de una licencia o permiso especial para utilizarlas (Ganesh and Pahlavan, 2000)

Las WLANs de hoy día se pueden clasificar en dos principales tecnologías: infrarrojo y espectro disperso. Cada una está definida por su estado regulatorio así como sus propiedades técnicas.

#### 3.4.1 Infrarrojo.

El infrarrojo desempeña un papel muy importante en las WLANs. Tiene una ventaja clave ya que no está licenciado en bases globales, es decir, se puede utilizar en cualquier parte del mundo sin una aprobación regulatoria. (Ganesh and Pahlavan, 2000)

Los productos WLAN de luz infrarroja operan alrededor de longitudes de onda de 820 nanómetros debido a que el aire ofrece una mínima atenuación en ese punto del espectro infrarrojo.

Comparándolo con las ondas de radio, la luz infrarroja nos ofrece mayor seguridad y desempeño ya que no se propaga a través de objetos opacos, como paredes, lo que mantiene las señales de datos contenidas en una habitación o edificio. A diferencia de las señales de radio, fuentes de ruido comunes como hornos de microonda o transmisores de radio no interfieren con la señal de luz. La luz infrarroja maneja un gran ancho de banda, lo que hace posible la operación a tasas de datos muy altas. (Geier, 2002)

---

Las primeras WLANs infrarrojas se enfocaron a reemplazar el cable. Bajo techo, las LANs infrarrojas han demostrado una rivalidad contra el cable. Los nodos son usualmente instalados en masa para evitar o minimizar interrupciones de la gente caminando a través de la trayectoria del haz de luz. Las atenuaciones de las señales se deben principalmente por el cristal de las ventanas. La tecnología del infrarrojo proporciona una privacidad excelente y un acceso seguro, es inmune a la interferencia de RF, sin embargo es vulnerable a interferencias de otro tipo de fuentes, como el sol.

Hasta un kilómetro pueden alcanzar los enlaces infrarrojos, pero están sujetos a degradaciones por el medio ambiente. La tecnología de infrarrojo tiene sus desventajas; la mayoría de los enlaces de datos de bajo costo no trabajan en dirección de la luz solar. La portabilidad esta muy limitada ya que no tiene la capacidad de penetrar objetos opacos y por lo tanto paredes. (Brodsky, 1995)

### **3.4.2 Espectro Disperso.**

El espectro disperso es una tecnología en la cual la señal transmitida, como su nombre lo dice, se propaga en una banda de frecuencia ancha, de hecho, mucho más ancha que la mínima requerida para transmisiones estándares de banda angosta a fin de mejorar la relación señal-ruido (S/N). Las comunicaciones en espectro disperso no representan una utilización eficiente del ancho de banda, sin embargo, se justifica su uso cuando las frecuencias están ya ocupadas por sistemas existentes.

Las señales de espectro disperso, aún siendo ya “esparcidas” sobre un gran ancho de banda pueden coexistir con señales de banda angosta tan solo añadiendo un pequeño incremento en el ruido que el receptor de banda angosta ve con facilidad.

La desventaja efectiva de la banda angosta en comunicaciones es la limitación de ancho de banda; así que las señales deben de transmitirse con la potencia suficiente para que la interferencia por ruido gaussiano no sea efectiva y la probabilidad de que los datos recibidos no sean correctos, permanezca baja.

Desde otro punto de vista, el aumento en el rendimiento de los sistemas de banda ancha se refiere como “el proceso gana”, este término se utiliza para describir la fidelidad recibida de señal que se ganó a costa de sacrificar ancho de banda. Los errores introducidos por un canal ruidoso pueden reducirse a cualquier nivel deseado sin sacrificar la tasa de transferencia de información utilizada.

La señal puede dispersarse sobre un ancho de banda grande con los niveles menores de potencia fantasmal y todavía lograr la tasa de información requerida. La potencia total de la señal se interpreta como la zona debajo la curva fantasmal de densidad, entonces las señales con la potencia total equivalente pueden tener una potencia grande de señal concentrada en un ancho de banda pequeño o una potencia pequeña de señal esparcida sobre un ancho de banda grande. (Ver figura 3.1)

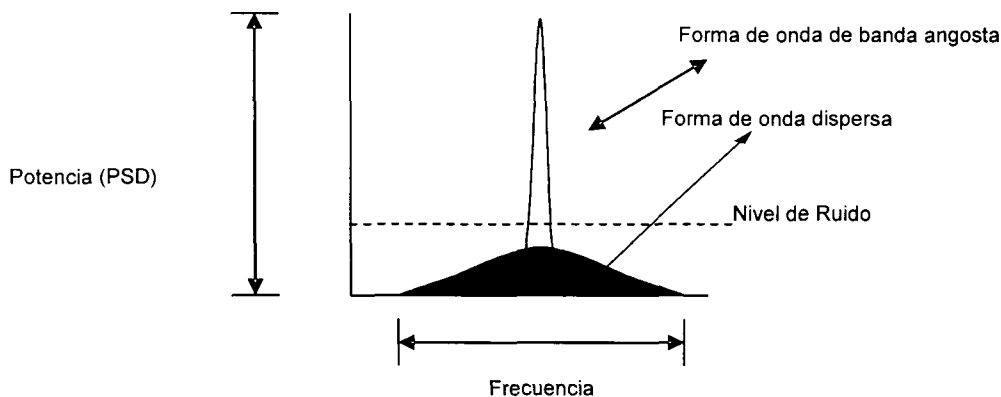


Figura 3.1 – Relación de Densidad Espectral de Potencia vs Frecuencia

Al proceso de codificación y esparcimiento del espectro de una señal también se le llama *modulación de espectro disperso*. En los sistemas de comunicación con espectro disperso (SS), el ancho de banda de la señal es esparcido comúnmente a varios órdenes de amplitud antes de su transmisión. Cuando hay un solo usuario en una banda de SS, el uso del ancho de banda es ineficiente. En cambio, en un ambiente multiusuario, los usuarios pueden compartir la misma banda de SS y el sistema llega a ser eficiente mientras se mantengan las ventajas del espectro disperso. (Steele, Hanzo 1999)

El espectro disperso es por mucho la tecnología más popular de WLANs. Una razón es que las reglamentaciones de la FCC en la parte 15.247 permiten la operación sin licencia hasta 1 W de potencia de salida. Muchos productos apenas pueden cumplir los requerimientos de propagación.

Una gran parte de las WLANs de espectro disperso operan en la banda ISM de 902 MHz en Norte América, pero muchos otros están apuntando a una banda menos congestionada, 2.4 GHz. En Europa, las WLANs operan en la banda de 2.4 GHz desde que GSM se implantó en la banda de los 900 MHz. Existe poca actividad en la banda de 5.725 GHz, pero los fabricantes están orientando sus productos en ese sentido.

Las dos principales formas de espectro disperso usado en las WLANs son conocidas como *espectro disperso con salto de frecuencia* (FHSS, o simplemente FH) y *espectro disperso de secuencia directa* (DSSS o DS). Existe una tentación por parte de los vendedores de argumentar que una técnica es universalmente mejor que la otra. En general los sistemas FH ofrecen mejor duración de la batería porque consumen menor potencia y son más compasivos a la interferencia. Los sistemas DS normalmente tienen el requerimiento de un amplificador de potencia de clase A para poder mantener linealidad a través de una banda de frecuencia relativamente ancha. Por otro lado, DS ofrece normalmente mejor rendimiento, excepto en el caso de varias fuentes de interferencia de gran amplitud que se presentan simultáneamente en la banda que está siendo utilizada por un sistema DS.



---

## Espectro Disperso con Salto de Frecuencia (FHSS)

Los sistemas FHSS saltan de una banda angosta a otra banda angosta dentro de una banda ancha. Los radios FHSS envían uno o más paquetes de datos en una frecuencia portadora, saltan a otra frecuencia y envían uno o más paquetes y continúan con esta secuencia de transmisión (figura 3.2). El tiempo que los radios FHSS permanecen en cada frecuencia depende de una combinación de implementaciones individuales, regulaciones gubernamentales y apego al estándar IEEE 802.11. El patrón o secuencia de salto es una secuencia periódica identificada por el receptor. Los sistemas FHSS pueden ser susceptibles a la interferencia durante cualquier salto pero pueden alcanzar transmisiones libres de errores a través de la banda ancha. (Vermeer, 1997)

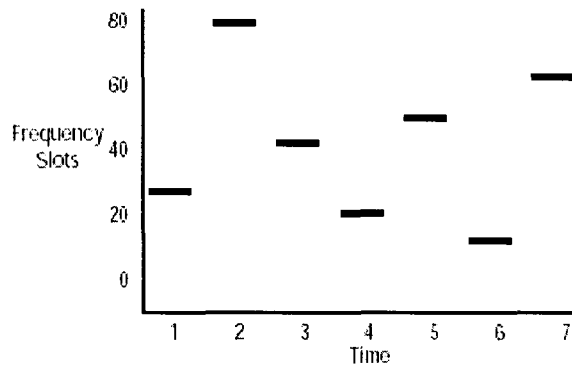


Figura 3.2 - FHSS

## Espectro Disperso de Secuencia Directa (DSSS)

Los sistemas DSS dispersan transmisiones a través de una banda ancha, relativamente, incrementando artificialmente el ancho de banda usado. Un transmisor DSSS convierte un flujo de datos entrantes en un flujo de símbolos, donde cada símbolo representa un grupo de uno, dos o más bits (figura 3.3). Usando una técnica de modulación de variación de fase como QPSK, el transmisor DSSS modula o multiplica cada símbolo con una secuencia seudo aleatoria, conocida como secuencia chip. La operación de multiplicación en un transmisor DSSS incrementa artificialmente el ancho de banda basado en la longitud de la secuencia chip. (Vermeer, 1997)

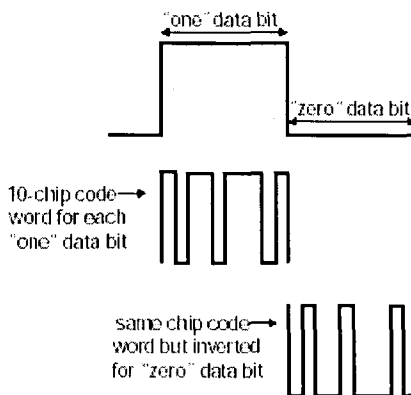


Figura 3.3 - DSSS

### 3.5 Estándares de las WLANs.

Las redes inalámbricas no tienen restricciones que bloqueen su producción como las que tienen las redes cableadas (esquemas de conectores físicos, configuraciones, niveles de voltaje y corriente, números de conductores, etc.). La interoperabilidad entre los sistemas inalámbricos en cualquier otra configuración de uno a uno puede ser implementada mediante un estándar basado en un cable (típicamente Ethernet) interconectando hubs o puntos de acceso. Los estándares se pueden considerar como un “nivelador del campo de juego”, haciendo más difícil obtener una ventaja propietaria en el mercado. La interoperabilidad es no obstante un requerimiento para muchos clientes, por razones relacionadas principalmente con la protección de la inversión. Ciertamente, la carencia de estándares en la industria ha sido citada por los analistas como una razón para el lento crecimiento esperado de los mercados para las LANs inalámbricas. Los estándares proporcionan un grado de bienestar para los clientes menos sofisticados técnicamente hablando, de los cuales no se puede esperar que entiendan la tecnología inalámbrica para aplicarla. (Ganesh and Pahlavan, 2000)

En 1985, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) asignó las bandas industriales, científicas y médicas para las redes de acceso local usando técnicas de espectro disperso (ver figura 3.4). No es necesario tramitar alguna licencia para menos de 1 W emitido en el caso de los Estados Unidos. Estas bandas no son suficientes para altas velocidades lo que llevo a realizar mas estudios para la asignación de nuevas bandas de frecuencia: 5.15-5.35 GHz, 5.15-5.35 GHz, 17.1-17.3 GHz y 57-61 GHz. Estas últimas están principalmente asignadas para la radio localización (sistemas de radar), pero la interferencia entre ellos es difícil: los sistemas de radar son insensibles a señales externas, manejan antenas altamente direccionales y están localizados en áreas rurales. Se pretende que las WLANs sean utilizadas en áreas metropolitanas. Es importante que las bandas de 17 y 61 GHz estén restringidas a esas aplicaciones y no sean utilizadas por ningún otro servicio. La FCC ha asignado una banda angosta no licenciada (1910-1930 MHz) para usuarios móviles, que transmiten a baja potencia. Sin embargo un ancho de banda de 20 MHz no es suficiente para áreas muy cargadas como edificios de oficinas, hospitales y más.

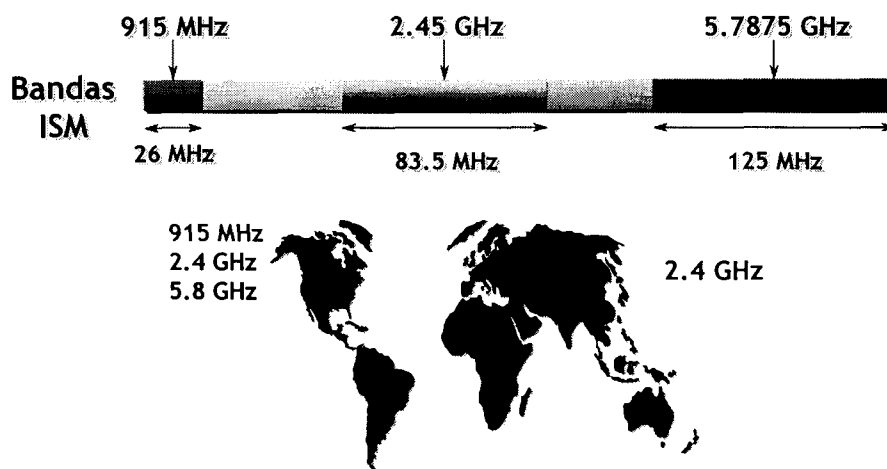


Figura 3.4 - Bandas ISM

En marzo de 1992, el ETSI aprobó el estándar de Telecomunicaciones Inalámbricas Digital Europeo. Radio Lan de Alto Desempeño Europeo (HIPERLAN) es un nuevo estándar para redes de datos de alto desempeño. La Comunidad Económica Europea (EEC) está apoyando fuertemente el desarrollo de estándares comunes para todos sus miembros, así las diferencias entre las regulaciones nacionales se verán reducidas en los próximos años.

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) también se ha enfocado en la necesidad de un estándar para las WLAN. Los estándares del IEEE para las LANs han sido aceptados por la Organización Internacional para la Estandarización y su Comisión Internacional Electrotécnica, y además por el mundo entero. La familia de los estándares 802 del IEEE, han resultado en un éxito real en la estandarización internacional de las LANs. Dentro de esta familia, un grupo de trabajo conocido como P802.11 ha desarrollado varios estándares para las WLANs. Las WLANs comparten un control de acceso al medio común (MAC) y existen varias capas físicas (PHY), una para cada tecnología utilizada; ISM-RF, IR, bandas de 17 GHz o 61 GHz. (Santamaría, 1994)

Las principales características de los estándares desarrollados para las WLANs se describen en la tabla 3.1:

- IEEE 802.11: El estándar original de WLAN que soporta velocidades entre 1 y 2 Mbps.
- IEEE 802.11a: El estándar de alta velocidad que soporta velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- IEEE 802.11b: El estándar dominante de WLAN (conocida también como Wi-Fi) que soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.
- HiperLAN2: Estándar que compite con IEEE 802.1a al soportar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- HomeRF: Estándar que compite con el IEEE 802.11b que soporta velocidades de hasta 10 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

*Tabla 3.1 – Principales estándares WLAN.*

Estándar	Velocidad Máxima	Interfase de Aire	Ancho de banda de canal	Frecuencia	Disponibilidad
802.11b	11 Mbps	DSSS	25 MHz	2.4 GHz	Ahora
802.11a	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5 GHz	Ahora
802.11g	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz	2.4 GHz	Finales 2002
HomeRF2	10 Mbps	FHSS	5 MHz	2.4 GHz	Ahora
HiperLAN2	54 Mbps	OFDM	25 MHz	5 GHz	2003
5-UP	108 Mbps	OFDM	50 MHz	5 GHz	2003

---

El éxito de las WLANs se debe a la utilización de frecuencias de uso libre. La desventaja de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Estos errores ocasionan que sean reenviados una y otra vez los paquetes de información lo que ocasiona que se reduzca el rendimiento dos terceras partes aproximadamente, es decir, la velocidad máxima especificada teóricamente, no es tal en realidad. Si la especificación IEEE 802.11b nos dice que la velocidad máxima es 11 Mbps, entonces el máximo caudal eficaz será aproximadamente 6 Mbps o menos.

Para reducir errores, el 802.11a y el 802.11b, automáticamente reducen la velocidad de información de la capa física. La velocidad máxima permisible sólo está disponible en un ambiente libre de interferencia y a muy corta distancia.

La transmisión a mayor velocidad del 802.11a no es la única ventaja con respecto al 802.11b. También utiliza un intervalo de frecuencias más alto de 5 GHz. Esta banda es más ancha y menos congestionada que la banda de 2.4. Los canales de radio pueden coexistir sin interferencia. Los productos basados en 802.11a no son compatibles con los productos basados en 802.11b debido a que operan en distintas frecuencias. Esto significa que aunque no se interfieran entre sí por estar en diferentes bandas de frecuencia, los dispositivos no pueden comunicarse entre ellos. Para evitar esto, el IEEE desarrolló un nuevo estándar conocido como 802.11g. Este estándar amplía la velocidad y el intervalo de frecuencias del 802.11b para hacerlo totalmente compatible con los sistemas anteriores.

La compañía Atheros Communications propuso mejoras a los estándares de WLAN del IEEE y la ETSI, esto fue con el fin de lograr una interoperabilidad entre los dos. El nuevo estándar conocido como 5-UP (Protocolo Unificado de 5 GHz) permitirá la comunicación entre dispositivos mediante la unión de un protocolo a velocidades de hasta 108 Mbps. Ambas especificaciones, la 802.11a (IEEE) y la HiperLAN2 (ETSI) son para las WLANs de alta velocidad que operan en el intervalo de frecuencias de 5.15 a 5.35 GHz.

La propuesta de Atheros es para mejorar esos protocolos y proveer compatibilidad hacia atrás para productos que cumplan con las especificaciones existentes, además de permitir nuevas capacidades.

El radioespectro asignado para el 802.11a y el HiperLAN2 es dividido en 8 canales de 20 MHz cada uno (ver figura 3.5). Cada canal soporta un cierto número de dispositivos, los cuales pueden transmitir a través de segmentos de red como si fueran teléfonos móviles de una estación a otra. Este espectro de 20 MHz para un segmento de red soporta 54 Mbps de caudal eficaz compartido entre los dispositivos en el segmento en un tiempo dado. Dentro de un canal, el espectro de 20 MHz se divide en 52 portadoras de banda angosta, cada una de 300 KHz y esta basado en tecnología OFDM.

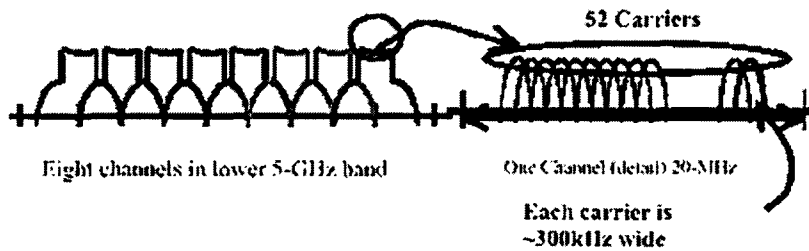


Figura 3.5. - Espectro de Radio para 5-UP

### 3.5.1 Estándar HomeRF2.

El grupo de trabajo HomeRF (HRFWG) se estableció en marzo de 1998 para proporcionar una especificación para la industria, Protocolo de Acceso Inalámbrico Compartido (SWAP), para comunicaciones inalámbricas entre PCs y dispositivos electrónicos comerciales dentro de una casa. La especificación SWAP define una interfase inalámbrica común que soporta voz y datos de 1 Mbps y 2 Mbps usando modulación de espectro disperso con salto de frecuencia en la banda de frecuencia de 2.4 GHz. El HRFWG está desarrollando actualmente una versión de 10 Mbps de SWAP basada en aprobaciones recientes de la FCC para anchos de bandas mayores para sistemas de salto de frecuencia.

### 3.5.2 Estándar HiperLAN.

HiperLAN comenzó en Europa en 1996 como una especificación aprobada por el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI). HiperLAN1 opera en la banda de radio de 5 GHz hasta 24 Mbps. Similar a Ethernet, HiperLAN1 comparte el acceso a las WLAN entre los dispositivos finales de usuario, también proporciona soporte de calidad de servicio para aplicaciones de datos, video, voz e imágenes.

La ETSI ha desarrollado actualmente HiperLAN2 mediante una organización llamada Forum Global de HiperLAN2 (H2GF). HiperLAN2 opera en la banda de 5 GHz hasta 54 Mbps usando un protocolo de conexión orientada para compartir el acceso entre los dispositivos de los usuarios finales. HiperLAN2 considera un soporte de calidad de servicio y es capaz de transportar tramas de Ethernet, celdas ATM y paquetes de IP. (Geier, 2002)

### 3.5.3 Estándar IEEE 802.11.

El estándar 802.11 de la IEEE fue introducido en Junio 26 de 1997 como el primero en ser reconocido internacionalmente para las WLANs. El IEEE 802.11 ofrece no solo un estándar, sino tres: dos para espectro disperso (DS y FH) y uno para infrarrojo.

El IEEE 802.11 especifica las capas física y de control de acceso al medio (MAC) dentro de un esquema de WLAN. La tabla 3.2 describe las especificaciones de la capa física del estándar 802.11. Se proporcionan tres capas físicas, una para cada método de implementación. La capa MAC es la misma para los tres.

Tabla 3.2 – Especificaciones de la Capa Física del Estándar IEEE 802.11

Tecnología	Banda de Frecuencia	Potencia Pico	Modulación	Tasa de datos
DS	2.4 – 2.483 GHz	1 W	DBPSK	1 Mbps o 2 Mbps
FH	2.4 – 2.483 GHz	1 W	2-4 nivel Gaussiana FSK	1 Mbps
Infrarrojo	850 – 950 nM	2 W	4 o 16 posicionamientos de nivel de pulso	1 Mbps o 2 Mbps

El modelo OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos) es utilizado para diseñar los dispositivos mediante capas que tienen diferentes funciones pero que están relacionadas entre sí. Para la familia del estándar IEEE 802 ha brindado la gran ventaja de que cambiando solamente dos capas ha logrado la interoperabilidad e interconexión en esta familia y eso es lo que ha hecho tan común esta tecnología.

El modelo OSI está dividido en siete capas que están virtualmente implementadas en cualquier sistema de redes:

- **Capa física** – Incluye las interfases mecánicas, eléctricas y de procesamiento del medio de transmisión.
- **Capa de enlace** – Convierte el medio de transmisión en ráfagas de datos que aparentan estar libres de errores. Incluye mecanismos de corrección de error y de protocolos utilizados para ganar acceso a los canales compartidos.
- **Capa de red** – Escoge una ruta del transmisor al receptor de extremo a extremo los datos enviados. El protocolo TCP entra dentro de esta capa.
- **Capa de transporte** – Acepta datos de la capa de sesión, los divide en unidades mas pequeñas si es necesario, los pasa a la capa de red y se asegura de que todos los pedazos lleguen correctamente al otro extremo.
- **Capa de sesión** – Permite que varias conexiones en la capa de transporte puedan ser administradas por un solo dispositivo.
- **Capa de presentación** – Se encarga de dar una representación para los datos que serán transportados. Resuelve problemas relacionados con protocolos específicos a la aplicación.
- **Capa de aplicación** – Se refiere en si a la aplicación que hace uso de la información recibida y se encarga simplemente de realizar el proceso para el cual fue diseñados.

El 802.11 es miembro de la familia 802, la cual contiene una serie de especificaciones para las tecnologías de redes de área local. La figura 3.6 muestra la relación entre los diferentes componentes de la familia 802 y su lugar dentro del modelo OSI. (Gast, 2002)

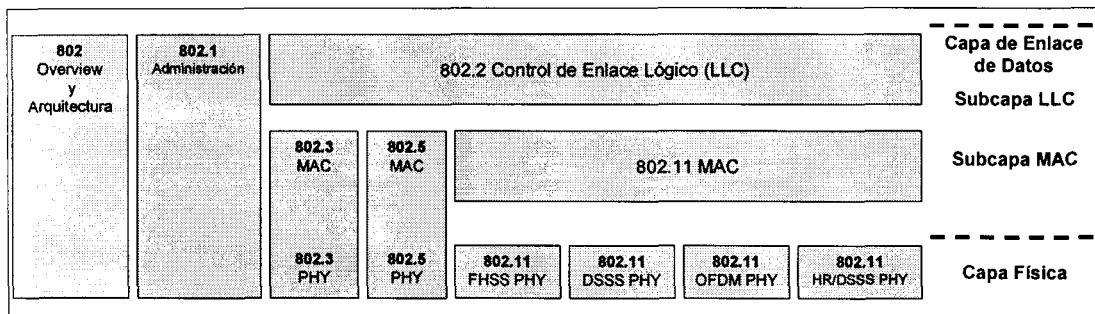


Figura 3.6 – Familia IEEE 802 y su relación con el modelo OSI

### 3.5.4 Estándares IEEE 802.11a, 802.11b y 802.11g.

Como ya se mencionó con anterioridad, la industria de las redes inalámbricas de área local ha emergido como uno de los segmentos de más rápido crecimiento en el mundo de las telecomunicaciones. En gran parte esto se debe a la introducción de productos basados en el estándar 802.11b. A pesar de esto los estándares 802.11a y 802.11g están surgiendo y son capaces de proporcionar velocidades de hasta 54 Mbps (ver tabla 3.3).

Los productos 802.11b surgieron antes que los 802.11a. En 1999, el IEEE aprobó ambos estándares, pero debido a que DSSS es más fácil de implementar que OFDM, los productos 802.11b aparecieron primero en el mercado. A principios del 2002, los primeros productos para usuarios finales basados en el estándar 802.11a fueron liberados.

Tabla 3.3 – Estándares IEEE para WLANs

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g
Estándar Aprobado	Julio, 1997	Septiembre, 1999	Septiembre, 1999	2002
Ancho de Banda Disponible (MHz)	83.5	300	83.5	83.5
Frecuencias de Operación no licenciadas (GHz)	2.4 - 2.4835 DSSS, FHSS	5.15 - 5.35 5.725 - 5.825 OFDM	2.4 - 2.4835 DSSS	2.4 - 2.4835 DSSS, OFDM
Número de canales no traslapados	3 (indoor/outdoor)	4 Indoor (UNII1) 4 Indoor (UNII2) 4 Outdoor (UNII3)	3 (Indoor/Outdoor)	3 (Indoor/Outdoor)
Tasa de Datos por canal	2, 1 Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps	11, 5.5, 2, 1 Mbps	54, 36, 33, 24, 22, 12, 11, 9, 6, 5.5, 2, 1 Mbps
Tipo de Modulación	DQPSK (2 Mbps DSSS) DBPSK (1 Mbps DSSS) 4GFSK (2 Mbps FHSS) 2GFSK (1 Mbps FHSS)	BPSK (6, 9 Mbps) QPSK (12, 18 Mbps) 16-QAM (24, 36 Mbps) 64-QAM (48, 54 Mbps)	DQPSK/CCK (11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)	OFDM/CCK (6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps) DQPSK/CCK (22, 33, 11, 5.5 Mbps) DQPSK (2 Mbps) DBPSK (1 Mbps)
Compatibilidad	802.11	Wi-Fi5	Wi-Fi	Wi-Fi en 11 Mbps o menos

A principios del 2001, la FCC anunció nuevos lineamientos permitiendo modulaciones adicionales en el rango de 2.4 GHz, lo que resulto en el estándar 802.11g, el cual ya ha sido liberado por algunas compañías como Atheros Communications. El estándar 802.11g define nuevas tasas de datos, hasta 54 Mbps, en 2.4 GHz usando OFDM, mientras que al mismo tiempo proporciona compatibilidad con 802.11b a velocidades de 11 Mbps usando DSSS.

### 3.6 Bandas de Frecuencia ISM.

Gracias al interés de la FCC por estimular la producción y el uso de los productos inalámbricos, decidió, en 1985, modificar la Parte 15 de la regulación del espectro radio eléctrico, la cual se encarga del control de los dispositivos no regulados. Esta alteración permitió a dichos productos su operación en las bandas ISM. La figura 3.7 ilustra el espectro asignado para cada banda ISM.

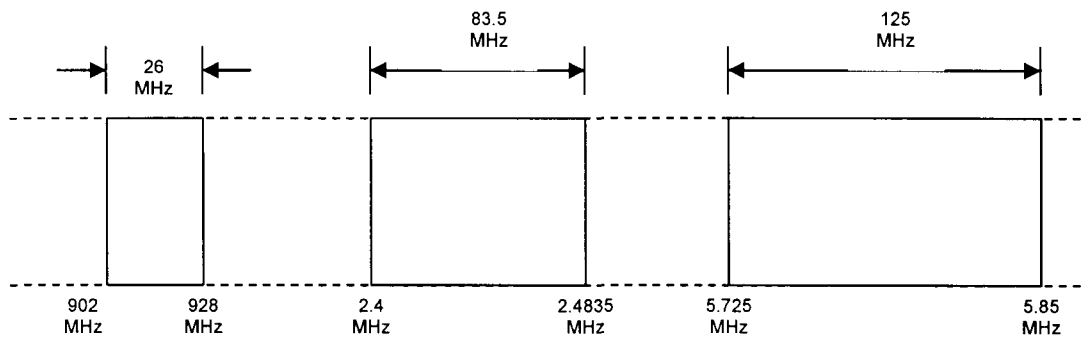


Figura 3.7 – Bandas de Frecuencia ISM

La operación de los productos o dispositivos inalámbricos debe cumplir ciertos requerimientos, uno de los principales es la limitación de la potencia de salida para los transmisores, esta varía de país en país. La desregulación del espectro de frecuencia permite a las organizaciones coordinar instalaciones de radio sin la necesidad de realizar planes de frecuencia costosos y tardados. (Geier, 2002)

Aunque las bandas ISM se definen de manera internacional, cada país tiene la libertad de implementarlas de acuerdo a su conveniencia. Las frecuencias precisas para Europa, Estados Unidos y México son mostradas en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4 - Características de las Bandas ISM

Nombre de la banda	Frecuencias de la FCC	Frecuencias de la ETSI	Frecuencias de la CFT	Uso Principal
ISM-900	902-928 MHz	890-906 MHz	902-928 MHz	Procesamiento de comida
ISM-2.4	2.4-2.4835 GHz	2.4-2.5 GHz	2.4-2.4835 GHz	Hornos de Microondas
ISM-5.8	5.725-5.850 GHz	5.725-5.875 GHz	5.725-5.850 GHz	Tomógrafos Médicos



Con las Bandas ISM sujetas a interferencia para toda clase de dispositivos, la mayoría de los gobiernos han asignado bandas para servicios específicos de comunicaciones, las más interesantes son las que están asignadas para las WLANs. Sin embargo varias de ellas han sido apartadas para sistemas futuros, la única que actualmente esta en uso es la de 5.7 GHz, inmediatamente debajo de la banda ISM-5.8. Fue definida por la Unión Europea en 1992. Mas tarde los Estados Unidos decidieron asignar las bandas que se conocen como Infraestructura de Información Nacional No Regulada (U-NII).

Como se muestra en la tabla 3.5, se han asignado otras bandas pensando a futuro. HiperLink es un proyecto que aspira establecer un rango de enlaces mas grande entre oficinas o pisos dentro de un edificio usando el espectro alrededor de los 17 GHz y se ha asignado un gran tramo del espectro en los 60 GHz para las WLANs el cual se conoce como la cuarta generación de sistemas planeada por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y que serán parte del Sistema de Banda Ancha Móvil (MBS), (Dornan, 2001)

*Tabla 3.5 - Espectro asignado para WLANs de alta velocidad*

Nombre de la banda	Frecuencias	Ancho de Banda	Disponible
U-NII	5.15-5.35Ghz	200 MHz	Estados Unidos
HiperLan	5.15-5.3 GHz	150 MHz	Europa
HiperLink	17.1-17.3 GHz	200 MHz	Europa
MBS	57-61 GHz	4000 MHz	En todo el mundo

Para el caso de México, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-121-SCTI-2001, Diario Oficial-2002, establece que en los artículos 124 y 125 del Reglamento de Telecomunicaciones, se hace alusión a los equipos para aplicaciones industriales, científicos y médicos (ISM) y en particular, dichos equipo operan en las bandas de 902 a 928 MHz, 2.4 a 2.483 GHz y 5.725 a 5.850 GHz. Por lo tanto los equipos ISM no son equipos de radiocomunicación, debido a que no transmiten información, deben convivir y ser protegidos por parte de los sistemas de espectro disperso, conforme los artículos mencionados.

### **3.6.1 Administración del espectro radioeléctrico.**

A pesar de que la administración del espectro radioeléctrico es una responsabilidad de los gobiernos de cada país es necesario que se cuiden aspectos internacionales importantes como: enlaces de radio, estaciones de radio móviles e interferencia a través de fronteras. Si un país decide unirse a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), este se debe asegurar que las estaciones de radio dentro de su territorio no causen interferencias a estaciones de radio en otros países que operan de acuerdo a lo acordado con los tratados internacionales.

Los gobiernos de los países deben asegurarse que la calidad de servicio ofrecida por las empresas privadas sea satisfactoria para los usuarios, además los precios son también otro aspecto que le debe concernir al gobierno asegurando que existe una competencia efectiva entre los proveedores de servicio. La tarea de los organismos reguladores es lograr una competencia efectiva entre los proveedores de servicios (Withers, 1999)

---

Cave (2002), comenta que el tema de regulación debe ser visto en varias dimensiones:

- Interferencia: Los organismos reguladores deben encontrar un balance entre reducir el alcance de la interferencia, a través de un plan cuidadoso y permitiendo la entrada de nuevos servicios al mercado.
- Coordinación Internacional: El uso efectivo del espectro radioeléctrico requerirá una cuidadosa coordinación entre los países vecinos, para mitigar el alcance que pueda tener alguna interferencia.
- Inversión en equipo: La mayoría del equipo de radio puede operar hasta un rango de frecuencias limitado. La estabilidad en el espectro que anima la inversión en equipo puede desacelerar el paso de re-uso del espectro.

Básicamente existen tres maneras de asignación del espectro para nuevas tecnologías:

1. Identificar y obtener espectro no asignado o reservado.
2. Idear un método para compartir espectro con un servicio existente.
3. Conseguir que el organismo regulador reasigne el espectro.

La Comisión Federal de Telecomunicaciones en México (2000) establece en su informe que debido a que el espectro radioeléctrico es un recurso limitado se requiere de procedimientos a través de los cuales se otorguen, en forma transparente y ordenada, las concesiones para su uso, explotación y aprovechamiento eficiente. A finales de 1994, se detectó que no existía una política integral para la atribución, asignación, planificación y ordenamiento del espectro radioeléctrico, lo que limitaba su aprovechamiento.

En este sentido, se carecía de procedimientos adecuados para lograr su eficiente administración y el otorgamiento de concesiones se caracterizaba por un elevado grado de discrecionalidad y poca eficiencia. Más aún, no existía un costo real para los concesionarios, y el erario federal no percibía ingresos acordes al precio que la demanda determinaba por el uso de este recurso. Así mismo, la falta de regulación y coordinación en el uso del espectro, afectaba los servicios de radiocomunicación en las zonas fronterizas. Tampoco existían mecanismos para aplicar exitosamente los servicios que se estaban generando a raíz de las nuevas tecnologías digitales y la compresión de señales.

---

# Capítulo 4

## Redes Híbridas WLAN – 3G

Las tecnologías de acceso de banda ancha para redes públicas están siendo sujetas a una fuerte demanda debido a la evolución de aplicaciones de oficina basadas en IP. Una de estas tecnologías son las redes inalámbricas de acceso local, las cuales representan un complemento perfecto de banda ancha para los servicios existente en GSM y GPRS en un ambiente “indoor”. La mayoría de las soluciones de WLANs comerciales cuentan con capacidades modestas de autenticación y roaming comparado con las redes celulares tradicionales.

La creación de accesos WLAN a las redes de tercera generación permitirá disponer de una segunda vía de comunicación hacia servicios de datos de alta capacidad. La meta es proporcionarles a los usuarios un entorno que les permita acceder a servicios multimedia y de banda ancha, facilitando su movilidad, sin pérdida de la conexión, pasando por las WLAN hasta las redes GPRS. En base a varias propuestas se han podido determinar los diferentes niveles de integración posibles con la red GPRS, que van desde únicamente compartir los sistemas de facturación, hasta la total integración, que además de integrar los mecanismos comunes de autorización, autenticación y facturación, también se posibilita la movilidad y handover entre ambas tecnologías.

Las WLANs, en el caso de considerar su integración con las redes 3G, no son más que una tecnología portadora complementaria a las redes de área extendida actualmente desplegadas. Los operadores GPRS podrán ofrecer dos alternativas de acceso a sus servicios de datos sobre paquetes móviles: a través de la red 3G y mediante redes de acceso WLAN de alta capacidad. La opción de las redes inalámbricas se convierte en una alternativa de acceso en los puntos altamente poblados, denominados “hot spots”, como entornos públicos o semipúblicos donde reside temporalmente una gran cantidad de personas con necesidad de establecer comunicaciones de voz y/o datos.

Pensando a largo plazo, es posible que el acceso a las WLANs en entornos interiores estará disponible, lo que permitirá proporcionar el servicio de datos mediante paquetes de manera continua entre las dos alternativas de acceso antes mencionadas.

Con la integración de las WLAN como un acceso más a las redes de los operadores de nueva generación, tanto fijos como móviles, los usuarios serán tratados sin ninguna diferencia respecto del resto de usuarios de redes fijas o celulares. Gracias a esto la parte de gestión y facturación de usuarios será de manera sencilla.

Los operadores móviles están al frente de una oportunidad de negocio lo que los lleva a entender los servicios requeridos por los usuarios móviles que desean un acceso de banda ancha público.

---

De los 50 millones de usuarios móviles con laptop existentes, 30 millones son usuarios de GSM. Las WLAN pueden ser un complemento de servicios de área extendida GPRS y GSM ofreciendo una solución “indoor” de datos de banda ancha a un costo efectivo. Se atacarían lugares como hoteles, parques de negocios, aeropuertos, edificios de oficinas, etc. (ver figura 4.1).

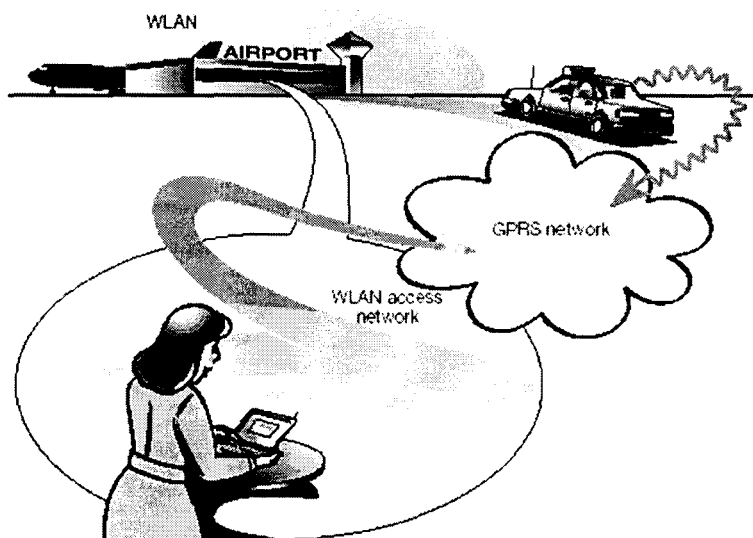


Figura 4.1 – Red Híbrida WLAN – GPRS

La fuerza de los operadores móviles radica en una gran base de clientes móviles, una inversión en infraestructura celular y los acuerdos de roaming ya establecidos, el problema radica en como canalizar esa fuerza para poder utilizarla.

#### 4.1 Implantación Técnica.

La necesidad de realizar la integración de las redes WLAN y 3G a través de estándares ha llevado a el grupo 3GPP (3rd Generation Partnership Project) a trabajar en la definición de las nuevas interfaces y requerimientos. El organismo que más tempranamente ha ofrecido escenarios de integración ha sido el ETSI BRAN, el cual identifica dos tipos de soluciones:

- Integración débil (Loose Interworking)
- Integración fuerte (Tight Interworking)

La opción “Loose Interworking” o integración débil especifica que los datos del usuario se enrutan directamente desde la red de acceso WLAN hacia una red IP; no existe, por lo tanto, conexión con la red 3G desde el plano de usuario. La funcionalidad 3G (principalmente autenticación, pero también otras funcionalidades 3G) se alcanza a través del plano de control de la red WLAN. La calidad de servicio se proporciona mediante mecanismos definidos por IETF (Internet Engineering Task Force).

---

La segunda alternativa Tight Interworking o integración fuerte conecta las islas WLAN al núcleo 3G del mismo modo que otras tecnologías de acceso radio como GSM EDGE Radio Access Network, es decir, se utiliza la interfaz Iu. En este caso, los mecanismos de movilidad y seguridad coinciden con los utilizados para la red UMTS. Este modo de integración precisa de la estandarización de interfaces y protocolos para la red de acceso WLAN.

Existe una solución que se conoce como "Operator WLAN System" (OWLAN), combina la administración del suscriptor y mecanismos de facturación en GSM con la tecnología de acceso WLAN. El OWLAN permite un roaming IP entre los diferentes operadores de redes de acceso. La solución OWLAN está disponible para cualquier dispositivo terminal WLAN que proporciona un lector de tarjeta GSM SIM y esta definido para el operador del módulo de señalización WLAN.

## **4.2 Solución OWLAN**

Dentro de algunos años las redes móviles se caracterizarán por la combinación de diferentes tecnologías (GSM/GPRS, acceso de radio 3G y WLAN). Será necesario, para poder tener acceso a todas las redes, que se maneje un solo identificador del suscriptor, el cual permitirá un roaming suave y la disponibilidad en el servicio. El sistema OWLAN debe mantener la compatibilidad con el roaming de la red central GSM/GPRS y las funciones de facturación, lo cual minimiza el número de modificaciones en el equipo central de GSM y los esfuerzos de estandarización requeridos. Un módulo identificador de suscriptor GSM es una opción natural para la administración de usuarios WLAN.

El negocio de las WLAN es enfocarse a la transmisión de datos, por lo tanto, el sistema OWLAN debe ser optimizado para servicios de datos IP iniciados de la terminal móvil, lo cual reduce la complejidad del sistema.

Gracias a que el sistema OWLAN utiliza el sistema de cobro existente de la red GPRS los costos de la instalación se ven minimizados, así como la complejidad de esta. Los operadores GPRS tienen un mecanismo definido para el intercambio de datos de facturación entre sus redes, lo que lleva a que la transmisión de los registros de cobro en las WLAN sea de la misma manera.

### **4.2.1 Arquitectura del sistema OWLAN.**

La arquitectura del sistema OWLAN, mostrada en la figura 4.2, consiste de una red LAN de acceso público y un operador celular, las cuales se comunican sobre un backbone de IP. El principal problema que se presentó en el diseño fue, mediante el uso del protocolo IP, realizar la traducción del estándar de señalización de autenticación del usuario GSM de la terminal al sitio celular.

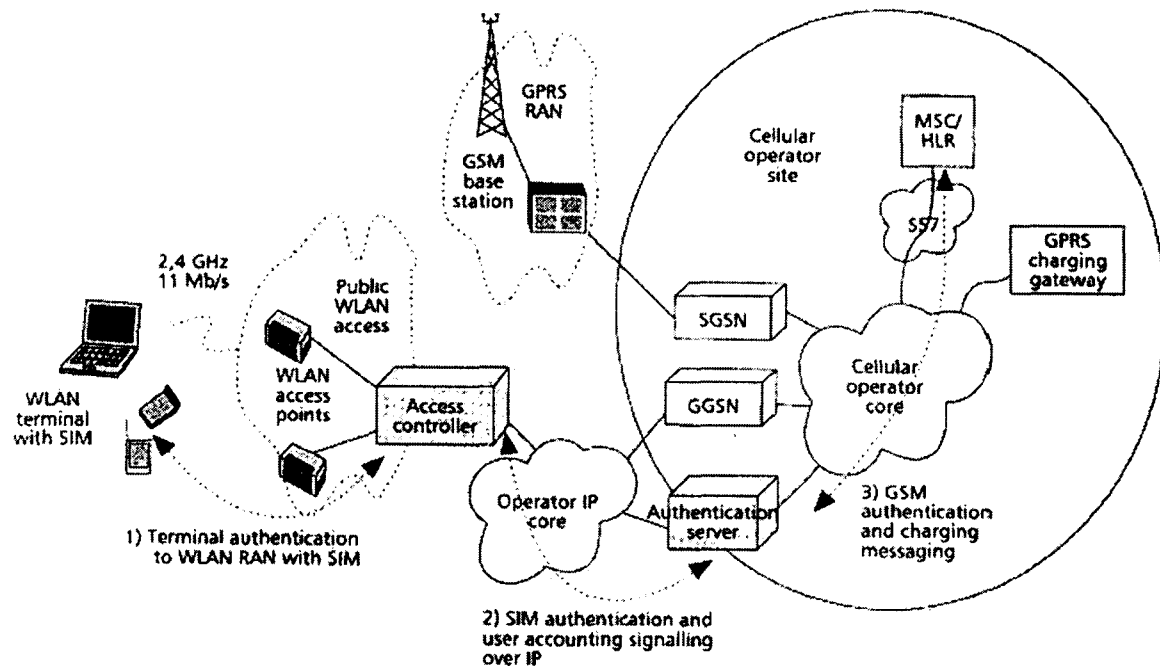


Figura 4.2 – Arquitectura del Sistema OWLAN

Las cuatro partes físicas claves del sistema OWLAN son: servidores de autenticación, controlador de acceso, puntos de acceso y terminales móviles. La arquitectura del sistema es parecida a una red GPRS. Cada componente del sistema tiene su contraparte en la red GPRS, como se muestra en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 - Elementos de Red OWLAN y GPRS

OWLAN	GPRS	Función
Servidor de Autenticación (AS)	Nodo de soporte de servicio GPRS (SGSN)	Autenticación de usuario, acceso a facturación.
Controlador de Acceso (AC)	Nodo de soporte de gateway GPRS (GGSN)	Punto final de la red de paquetes IP, asignación de dirección IP.
Punto de Acceso (AP)	BTS	Cobertura de Radio.
Terminal Móvil (MT)	Teléfono Móvil	Dispositivo del usuario final.

En el sistema OWLAN solo los datos de control de señalización son transportados al núcleo o centro celular, no como ocurre en la arquitectura GPRS. El controlador de acceso lleva los paquetes de datos de usuarios directamente al backbone IP, el cual es usado para acceder a los servicios públicos y privados. El tráfico de IP del usuario no tiene que ser transportado a través del núcleo celular al centro de la red por lo que se evita la complejidad de roaming GPRS.

---

La autenticación del suscriptor funciona de la siguiente manera.

1. La terminal WLAN se asocia con un punto de acceso WLAN, obtiene una dirección IP del controlador de acceso e inicia la autenticación de red enviando una petición de autenticación dedicada al controlador de acceso.
2. El controlador de acceso transmite la petición de autenticación al servidor de autenticación, el cual implementa el puente entre la red de acceso y la red de señalización GSM.
3. El servidor de autenticación pregunta al HLR por los datos de autenticación y realiza la autenticación del usuario usando esta información.

El incremento del roaming de los usuarios de datos y los servicios de Internet de banda ancha ha creado una fuerte demanda para el acceso público IP de alta velocidad. La debilidad de los sistemas WLAN radica en que las características de administración de usuarios, se distinguen principalmente en ofrecer un gran ancho de banda.

El sistema OWLAN permite que se realice una integración del acceso WLAN con la infraestructura de roaming de GSM/GPRS. La arquitectura diseñada explota la autenticación GSM, la administración del usuario basada en el SIM y mecanismos de facturación y los combina con el acceso a las WLAN públicas. Además, los operadores celulares pueden entrar rápidamente al mercado de las WLAN y utilizar sus mecanismos de administración de suscriptores existentes y acuerdos establecidos de roaming.

El sistema descrito permite a los usuarios celulares utilizar el mismo SIM y la misma identidad de usuario para el acceso WLAN. Esto le da al operador celular mayor ventaja competitividad sobre los operadores de ISP, ya que nunca tendrán una base de clientes tan grande ni un servicio de roaming de tipo celular.

La meta es poder lograr una combinación de la autenticación celular con acceso IP. Este puede ser el primer paso hacia las redes de siguiente generación que pretenden ser totalmente redes IP. Los esfuerzos de estandarización son mínimos ya que es necesario efectuar cambios a la red celular. Varios operadores ya han implementado el sistema comercialmente, como es el caso de SONERA en Europa. (Ala-Laurila, Mikkonen, Rinnemaa, 2001)

---

# Capítulo 5

## Metodología de Investigación

En los capítulos anteriores se menciona el sustento teórico del estudio. El presente capítulo tiene por objetivo describir la metodología que se empleará para realizar la investigación.

### 5.1 Modelo Particular.

El éxito de un servicio nuevo de telecomunicaciones dependerá de que se logre satisfacer cuatro condiciones. El primero de ellos nos dice que se debe tener la tecnología disponible. En segundo lugar, uno debe estar conciente de que las regulaciones establecidas por los gobiernos permitan ofrecer dicho servicio. Como tercer punto es necesario estudiar la existencia de un mercado potencial para el servicio que se pretende ofrecer y por último y no por esto menos importante; reconocer que la creación de estándares por parte de los fabricantes y los proveedores de servicios es pieza fundamental en el proceso de ofrecer el nuevo servicio. (León-García, Widjaja, 2000)

**Tecnología:** Es determinante el papel de la tecnología en el proceso de evolución de las telecomunicaciones. El proveer mejores capacidades a varias tecnologías ha mejorado recientemente y esto ha sido acompañado por la reducción en los costos. Esto trae como resultado la implementación de sistemas nuevos que hace algunos años parecía imposible.

**Regulación:** La telefonía siempre ha sido regulada por el gobierno. La decisión de operar las redes de comunicaciones como monopolios por parte de los gobiernos radica en el alto costo de la infraestructura y la importancia de tener un control de las comunicaciones.

**Mercado:** Debe de existir un mercado para el nuevo servicio de telecomunicaciones que será lanzado. El éxito de este esta determinado por lo que el cliente este dispuesto a pagar. Para un servicio basado en redes, la utilidad de este depende frecuentemente de que exista una cantidad importante de suscriptores.

**Estándares:** Normalmente tienen alcances nacionales y hoy en día posiblemente tragan un alcance internacional, esto permite que los dispositivos fabricados por diferentes proveedores puedan ser compatibles entre sí. La existencia de estándares permite que las pequeñas compañías entren a los grandes mercados y se puedan enfocar en el desarrollo de productos claves.



El estudio realizado se concentra básicamente en explorar estas cuatro directrices claves en las principales y posibles empresas capaces de poder integrar en su infraestructura servicios de redes inalámbricas de acceso local (figura 5.1). Esto llevará a poder visualizar, de manera general en el país, la situación tecnológica, de mercado y regulatoria rumbo hacia las redes híbridas WLAN – 3G.

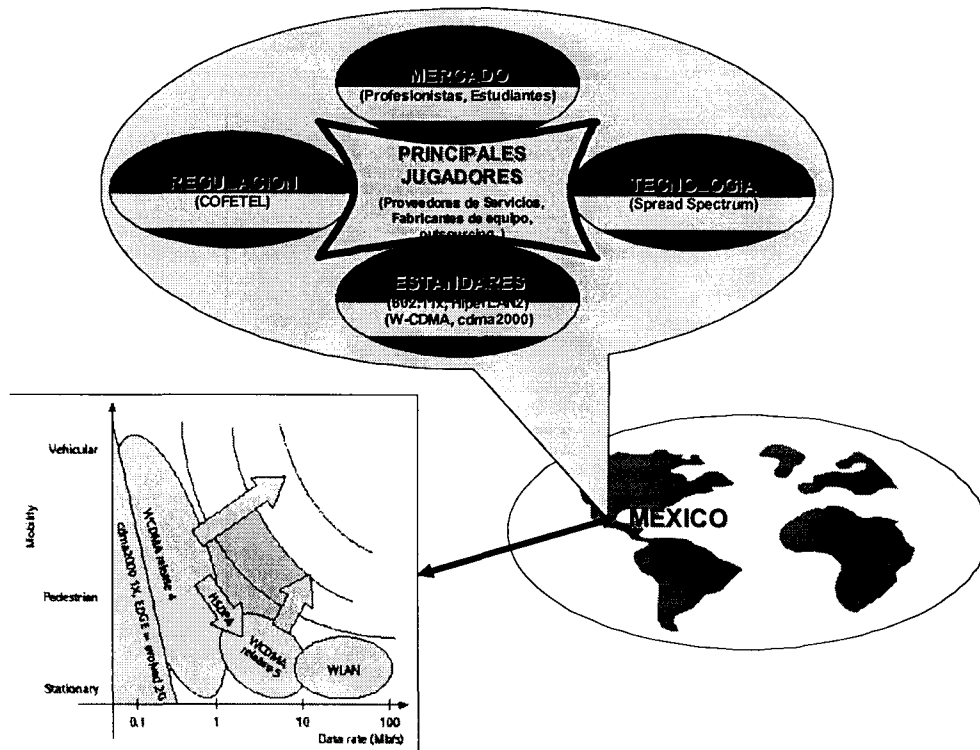


Figura 5.1 – Modelo Particular

## 5.2 Método de Investigación.

El método de investigación que se propone para poder cumplir con los objetivos es un "estudio exploratorio".

Hernández, Fernández y Baptista (1991) indican que los estudios exploratorios se efectúan cuando el objetivo es examinar un problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. Si la literatura reveló que únicamente hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio. Los estudios exploratorios sirven para familiarizarse con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa.

En el caso de esta investigación el tema de la explotación de las WLANs junto con las redes 3G no se ha tratado en México debido al poco crecimiento que estas han tenido en el país, además de que actualmente los operadores de telefonía móvil están convergiendo hacia 2.5G y la posibilidad de la entrada de las redes 3G es remota.

---

### 5.3 Trabajo de Campo.

El trabajo de campo se conoce como toda actividad práctica relacionada con la recopilación de información. Las entrevistas, sondeos, elaboración y aplicación de cuestionarios, y las encuestas de opinión, serían algunas de estas actividades que tienen como fin, la adquisición de datos para la investigación. (Andrade, 1997)

Para esta tesis, el trabajo de campo se basa en la elaboración y aplicación de encuestas. Las encuestas fueron puestas a disposición de los encuestados en una dirección del Internet ([http://priamo.mty.itesm.mx/tesiswlan/E\\_WLANs.asp](http://priamo.mty.itesm.mx/tesiswlan/E_WLANs.asp)), utilizando una página de servidor activo (asp), de manera que estuviera siempre disponible.

Debido a las restricciones que algunas empresas presentan para con sus empleados del uso de Internet se elaboró una versión de la encuesta en formato de texto (Word).

Los encuestados fueron requeridos por medio del correo electrónico, a través del cual se hacía una petición para colaborar con el estudio.

### 5.4 Población.

Las empresas de telecomunicaciones que se consideraron para este estudio se componen principalmente de proveedores de servicios inalámbricos y alámbricos, tanto de voz como de datos:

*Tabla 5.1 – Principales Empresas Encuestadas*

<b>Tipo de Proveedor</b>	<b>Empresa</b>
Servicios Inalámbricos	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Telcel</li><li>▪ Telefónica Móviles</li><li>▪ Iusacell</li><li>▪ Unefon</li><li>▪ Nextel</li></ul>
Servicios fijo local	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Telmex</li><li>▪ Axtel</li><li>▪ Metronet</li></ul>
Servicios de larga distancia	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Telmex</li><li>▪ Alestra</li><li>▪ Avantel</li><li>▪ Bestel</li></ul>

---

## 5.5 Recursos Requeridos.

Los recursos que fueron necesarios para poder llevar a cabo la investigación se listan a continuación:

Investigación y realización del estudio final:

- Biblioteca Campus Monterrey.
- Biblioteca Digital.
- Acceso a Internet.
- Microsoft Word.
- Microsoft Power Point
- Paint Shop Pro8

Elaboración de Encuesta:

- Microsoft FrontPage.
- Professional Quest 3.0.108. Trial version.

Distribución, recolección y análisis de datos.

- Direcciones de correo electrónico de los encuestados.
- Microsoft Outlook.
- Microsoft Access XP.
- Microsoft IIS.
- Microsoft Windows 2000 Server.
- Professional Quest 3.0.108. Trial version.

---

# Capítulo 6

## Resultados

Este capítulo presenta un análisis detallado de todos los aspectos tomados en cuenta en la elaboración de la encuesta. Principalmente, como se explicó en el módulo anterior, se formaron cinco apartados.

Los apartados en los que se dividió la encuesta son los siguientes:

- Aspectos generales de las WLANs.
- Integración WLANs – 3G.
- Reglamentación de servicios WLANs.
- Oportunidades de Negocio.
- Aplicaciones.

A continuación se presentan los resultados obtenidos que muestran las respuestas obtenidas de 33 *personas* que accedieron a dar su punto de vista acerca de los apartados antes mencionados.

### 6.1 Aspectos Generales de las WLANs

Las redes de área local inalámbrica no han tenido un gran impulso en México, como en otros países desarrollados. Es por eso que resulta necesario saber el nivel de conocimiento de esta tecnología en el país.

En ésta sección se pretende explorar el grado de conocimiento que tienen los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México, de las WLANs, a través de sus directivos.

Como se puede observar en la figura 6.1 y en la tabla 6.1, casi un 90% de los encuestados conoce o por lo menos ha oído hablar de las redes de área local inalámbrica. Este punto es muy importante ya que es el principio necesario para poder pensar en el uso de una nueva tecnología.

Tabla 6.1 – Aspectos Generales de las WLANs

	Si	No	Sin contestar
Conocimiento de las WLANs.	87.88%	6.06%	6.06%
Conocimiento de las bandas de frecuencias de las WLANs.	57.58%	36.36%	6.06%
Son las WLANs sustitutas de las redes alámbricas.	33.33%	60.61%	6.06%
Son las WLANs equivalentes a las redes 3G.	12.12	81.82%	6.06%
Conocimiento del estado regulatorio de las WLANs.	51.52%	42.42%	6.06%

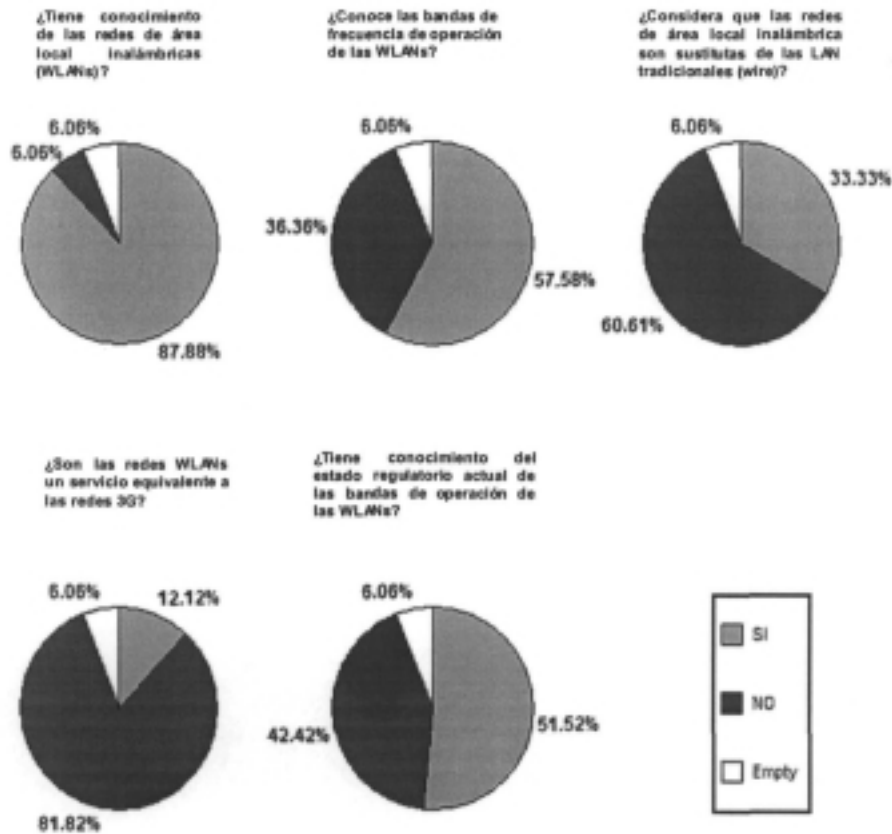


Figura 6.1 – Aspectos Generales de las WLANs

Un punto muy importante para poder atacar el mercado de las WLANs son las bandas de frecuencia a las que actualmente operan, por lo tanto es necesario que la industria conozca estos datos. Los resultados muestran que solo un 57% de los entrevistados conoce las frecuencias de operación de las WLANs.

Por otro lado, es importante conocer la opinión encuestados acerca de que si las WLANs son sustitutas de las redes alámbricas. En este caso una cantidad respetable de entrevistados, 33% piensa que un futuro las redes alámbricas se quedarán atrás, sin embargo, por los resultados obtenidos, en general se piensa que cada tecnología tiene su propia aplicación y ataca diferentes necesidades.

Las redes de área local inalámbricas no ofrecen los mismos servicios que las redes 3G, este es una cuestión muy relevante para que los proveedores de servicio en México, vean a las WLANs, no como una solución alterna para ofrecer servicios de voz y principalmente de datos a sus clientes, sino como una tecnología emergente con su propio nicho de mercado o como un complemento de su infraestructura de telecomunicaciones. Como muestra la figura 6.1, un poco más del 80% de los encuestados está de acuerdo en que son tecnologías diferentes con diferentes aplicaciones y mercados.

También es importante que las empresas de telecomunicaciones, que piensan de algún modo implementar y ofrecer redes de área local inalámbrica investiguen y participen activamente en aspectos regulatorios. Sin embargo, se puede observar en los resultados obtenidos, que un porcentaje relativamente alto de los entrevistados, 42%, no tiene idea de si existe o no alguna norma o regulación en el país para las WLANs.

La figura 6.2 pretende mostrar, en base al personal encuestado de los diferentes proveedores de servicios de telecomunicaciones, cual se piensa será el estándar que dominará el mercado de las WLANs. Se puede observar que más del 70% coincide que el estándar creado por la IEEE y sus diferentes versiones (802.11a, 802.11b, 802.11g) será el aprobado por el mundo de las telecomunicaciones. Este se puede considerar muy normal, ya que hoy en día el IEEE 802.11b o mejor conocido como WiFi, es uno de los estándares mas utilizados principalmente en EU, sin embargo no hay que olvidar que en Europa, HiperLan, aprobado por la ETSI, ha tomado una gran fuerza.

Estándar	A favor
802.11x	73%
HiperLAN2	9%
HomeRF	0%
5-UP	3%
Otro	6%
Respuestas Vacías	9%

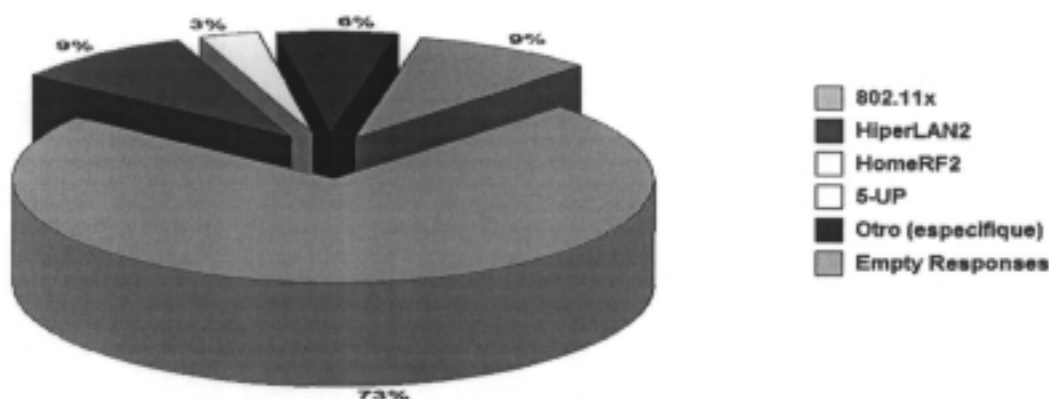


Figura 6.2 – Principal Estándar para las WLANs en los próximos años.

En el capítulo 3 se menciona un estándar creado por Atheros Communications, 5-UP, el cuál pretende hacer compatibles al 802.11a e HiperLAN2, los cuales son actualmente las soluciones más veloces para WLANs. Solamente un 3% de los encuestados lo consideró con el estándar que dominara en los próximos años. Sin embargo, a pesar de que aún es una solución muy nueva, se debe tomar en cuenta debido a su propuesta.

La portabilidad, simplicidad y rapidez de instalación, flexibilidad en la instalación, escalabilidad y bajo costo a largo plazo son características particulares de las WLANs que pueden ser una ventaja ante su contraparte, las redes alámbricas. La figura 6.3 ilustra, de acuerdo a la opinión de los encuestados, el orden de importancia de mayor a menos de cada una de estas características.

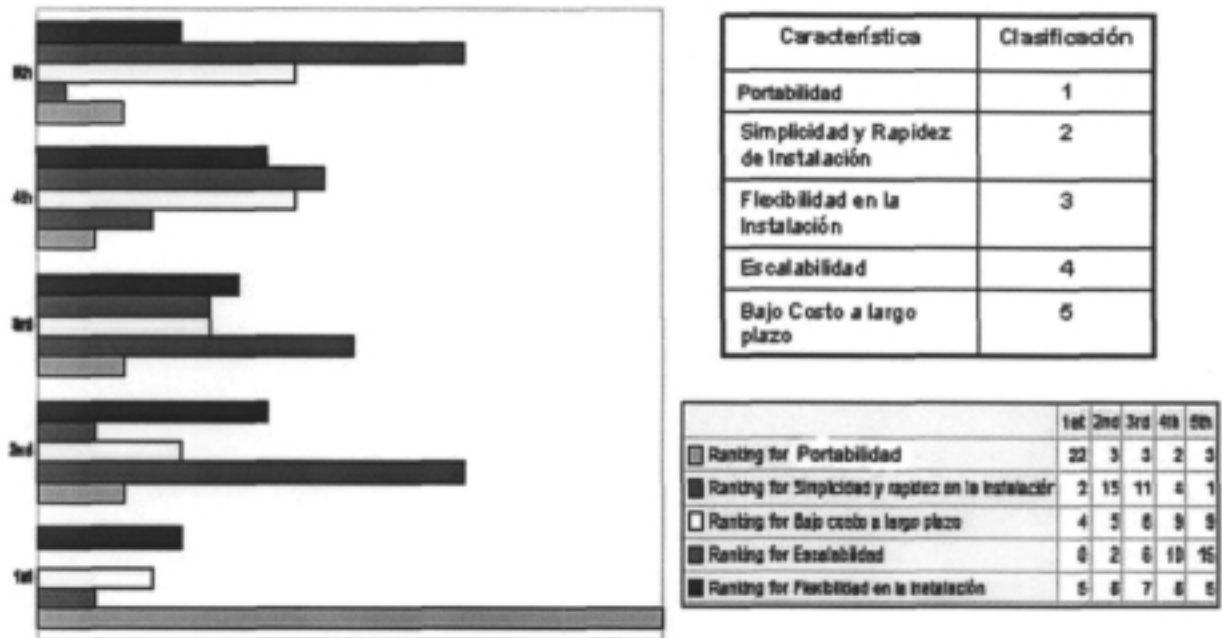


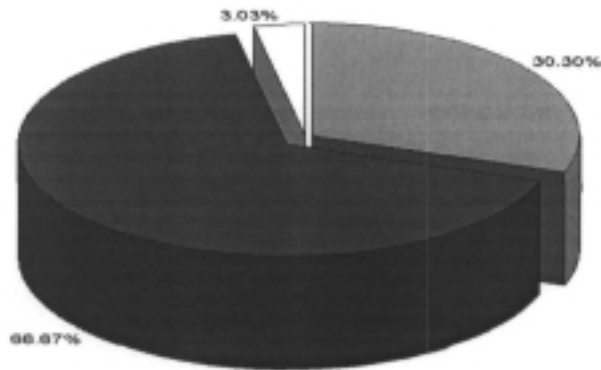
Figura 6.3 – Mayor ventaja de las WLANs sobre las redes alámbricas.

## 6.2 Integración WLANs – 3G

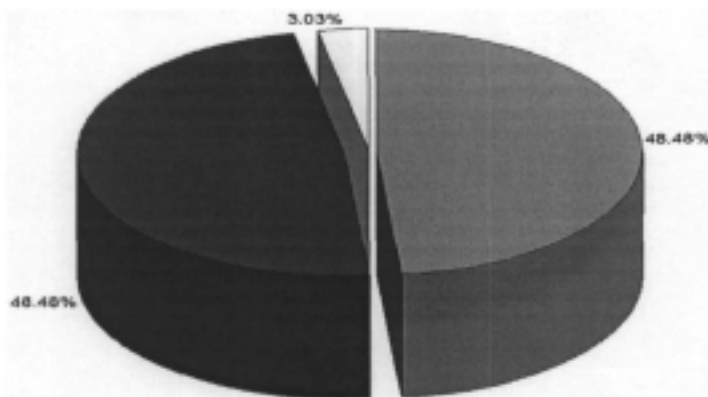
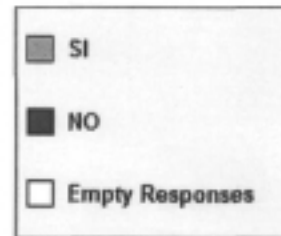
Este apartado pretende visualizar en un futuro en México la factibilidad de crear redes híbridas WLANs – 3G.

Existe una diferencia muy grande entre las velocidades de transmisión en que operan las redes 3G y las velocidades de transmisión disponibles para las WLANs. En el cuestionario se trató de establecer, si esta condición podría ser un inhibidor del negocio en caso de lograr una interoperabilidad entre las dos tecnologías. El 66% de los encuestados piensa que no existiría ningún inconveniente y argumentan que cada tecnología está compuesta de servicios diferentes y poseen un nicho de aplicación diferente.

La figura 6.4 a) muestra también, que aproximadamente el 50% de los encuestados no estarían dispuestos a generar más gastos para poder ofrecer dispositivos híbridos WLAN-3G. Argumentan que es necesario ver el comportamiento del mercado, realizar estudios costo-beneficio a corto y mediano plazo, maduración y abaratamiento de la tecnología, no representa una oportunidad de negocio para la empresa y principalmente que no se necesitara la portabilidad que ofrecen las WLANs debido a que es suficiente la oferta de 3G. Sin embargo el restante 50% opinó que sí le interesaba realizar la inversión ya que esta se recuperaría a largo plazo.



En caso de lograr una interoperabilidad plena entre las WLANs y las redes 3G, ¿piensa usted que la diferencia significativa de ancho de banda entre las dos tecnologías puede ser un inhibidor del negocio?



¿Estaría dispuesto a tener en un principio mayores gastos por dispositivos híbridos WLAN/3G en su organización?

Figura 6.4 – a) Integración WLANs – 3G.

A pesar de que cada tecnología cuenta con sus propios sistemas de facturación, autenticación y autorización, actualmente ya se han tenido experiencias con diferentes niveles de integración posible entre las redes 3G y las WLANs. La mayor parte de los encuestados, más del 70%, como se muestra en la figura 6.4 b), esta de acuerdo que la implementación de redes híbridas consistirá en una interoperabilidad plena, donde se compartan sistemas de AAA y se cuente con una portabilidad plena.

En un futuro, en caso de integrar su infraestructura de 3G a las WLANs, ¿ésta sería de qué forma?

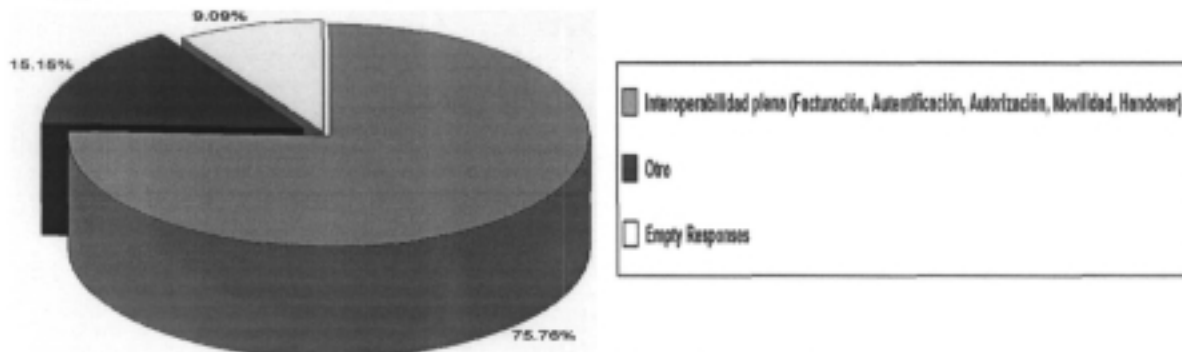


Figura 6.4 – b) Integración WLANs – 3G.



Así mismo, más del 60% de los encuestados piensa en una plataforma de una red celular extendida con islas de WLANs en zonas de alto tráfico (ver figura 6.4c). El porcentaje restante no cree en una interoperabilidad plena entre las redes 3G y WLANs.

La plataforma para integrar una red 3G con acceso WLAN será:

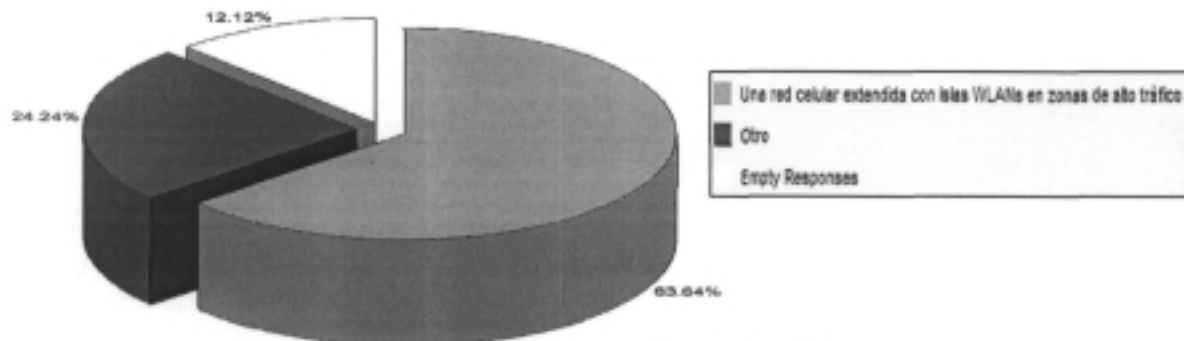


Figura 6.4 – c) Integración WLANs – 3G.

### 6.3 Reglamentación de Servicios WLANs.

El objetivo de este apartado consiste en captar la opinión de las empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones encuestadas, en cuanto a la reglamentación, tanto de las bandas de operación de las WLANs, así como de los posibles servicios a ofrecer.

La figura 6.5 muestra que para la mayoría de los encuestados es una prioridad que se tengan licitadas las bandas de frecuencia de operación de cualquier servicio de telecomunicaciones que se pretenda ofrecer.

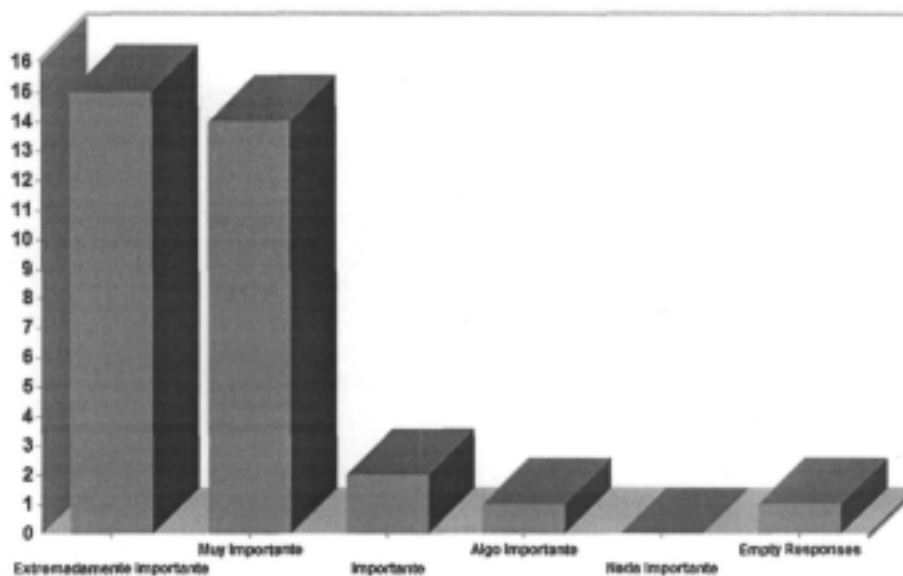


Figura 6.5 – Importancia de la Licitación de Bandas de Frecuencia.

De la misma manera, la figura 6.6 muestra que es necesario que se cuenten con licencias para poder ofrecer cualquier servicio de telecomunicaciones o por lo menos es lo que refleja la opinión le mayoría de los encuestados.

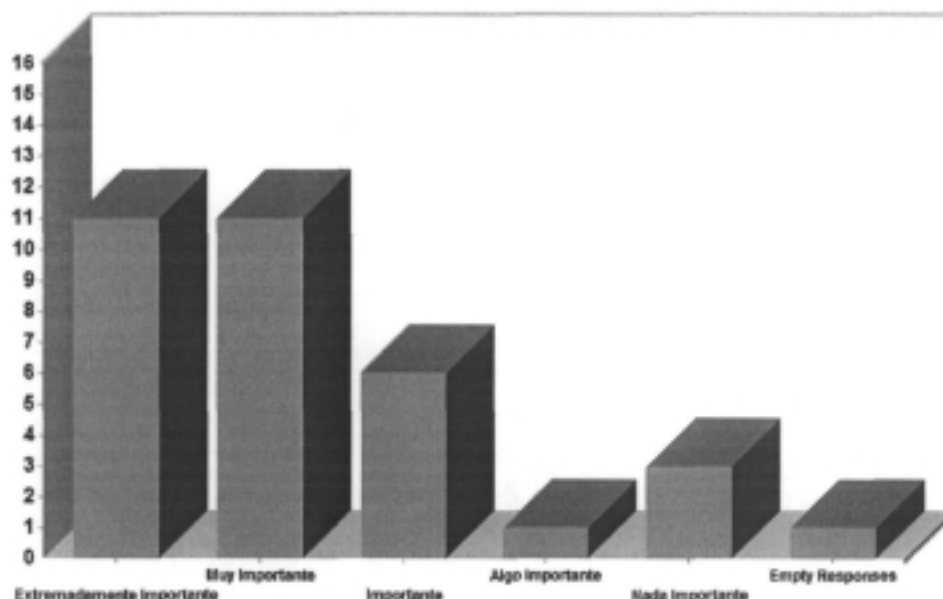


Figura 6.6 – Importancia de Licencias para ofrecer servicios de Telecomunicaciones.

Por otro lado, se puede decir que en promedio, la población encuestada, considera importante el que se cuente con un régimen de tarifas establecidas para los servicios WLANs (ver figura 6.7).

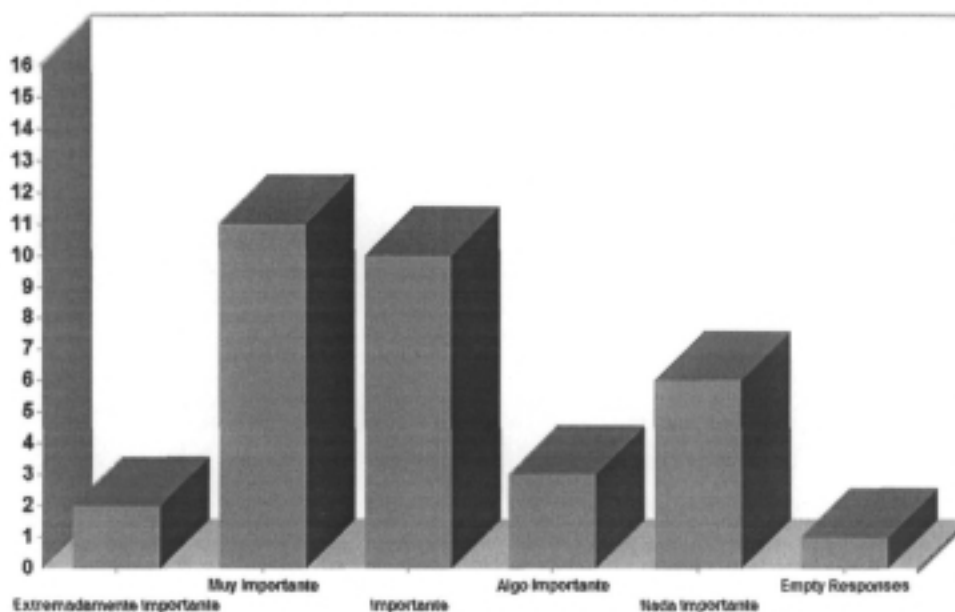


Figura 6.7 – Importancia del Establecimiento de Tarifas.

Como parte final de este apartado, se consideró importante el que exista una regulación en México de las bandas de frecuencia de operación de las WLANs (ver figura 6.8).

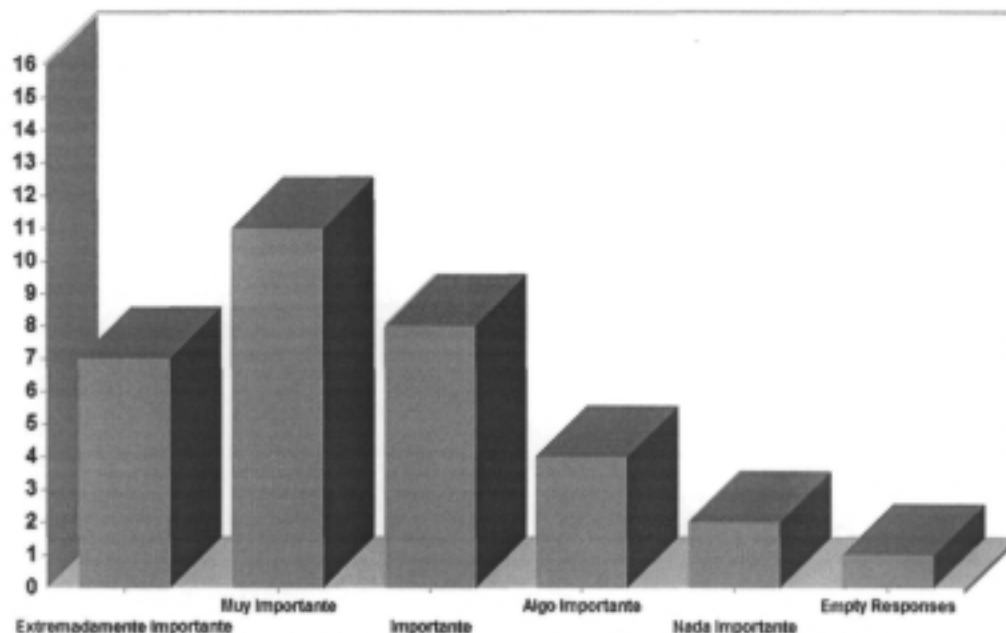


Figura 6.8 – Regulación de las Bandas de Frecuencia de las WLANs.

Se puede concluir de esta sección, que en general, a los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México les conciernen en gran medida los aspectos de reglamentación y regulación de cualquier servicio a ofrecer. Este es un punto muy importante que deben de tomar en cuenta tanto las empresas, como el gobierno de este país, ya que puede resultar en un factor inhibitor en la aplicación de nuevas tecnologías.

#### 6.4 Oportunidad de Negocio.

Esta sección pretende analizar los puntos de vista que ofrecen los proveedores de servicios de telecomunicaciones del país en cuanto a la posibilidad de que las redes híbridas 3G – WLANs se conviertan en una oportunidad clara de negocio en México.

Es importante considerar que las redes híbridas WLANs – 3G son una solución planteada para un futuro próximo en los países desarrollados, por lo tanto las opiniones ofrecidas por los encuestados se basan en su experiencia con directivos en la industria y visiones personales.

La figura 6.9 muestra claramente que el 76% de los encuestados considera que las redes de área local inalámbricas representan un oportunidad de negocio para su empresa, sin embargo, como se analizó en un apartado anterior aún no tienen confianza en considerar a las WLANs como complemento de las redes 3G.

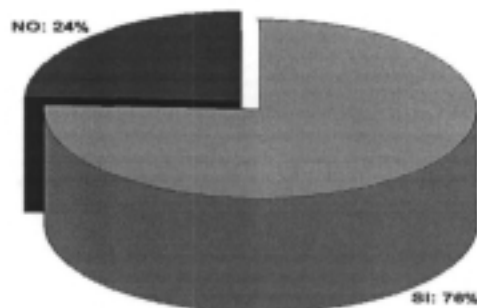


Figura 6.9 – Oportunidad de Negocio.

Como se analizó en un apartado anterior, un porcentaje considerable de los encuestados consideró no factible invertir en dispositivos híbridos WLAN – 3G, por lo tanto es normal suponer que hoy en día los grandes proveedores de servicios de telecomunicaciones en México no consideran a las WLANs para invertir en ellas y esto se ve reflejado en la figura 6.10, ya que el 48% de los entrevistados no está dispuesto a invertir en WLANs

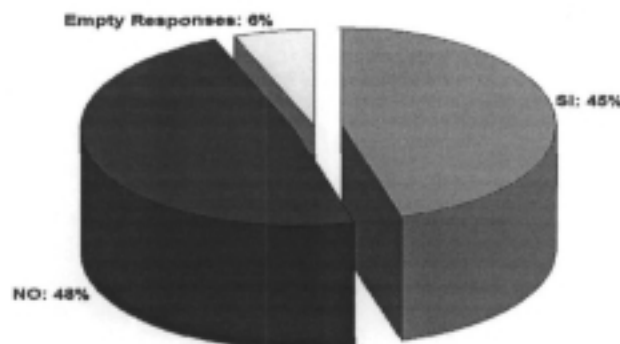


Figura 6.10 – Inversión

A pesar de que un porcentaje considerable de los participantes de la encuesta no ven factible invertir en un futuro en las WLANs y mucho menos en redes híbridas WLAN – 3G, están consientes de que pueden representar una ventaja competitiva de su empresa ante sus competidores, un 73% de los encuestados tiene esta opinión como se puede apreciar en la figura 6.11. Existe un poco mas del 20% de los encuestados, que opinan que las WLANs no representan una ventaja competitiva para su empresa, posiblemente porque no tienen pensado considerarlas como parte central o principal del negocio.

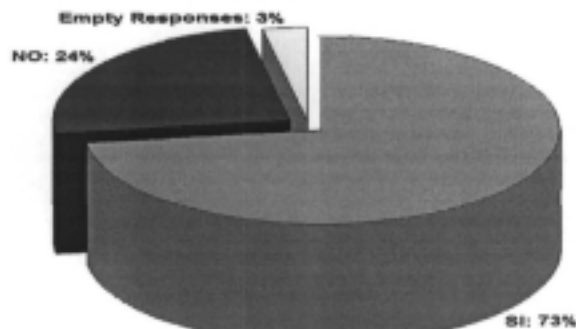


Figura 6.11 – Ventaja Competitiva

La figura 6.12 esquematiza claramente que los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México están concientes de que los requerimientos de ancho de banda de los usuarios móviles aumentan día con día, un 94% de los encuestados lo afirma.

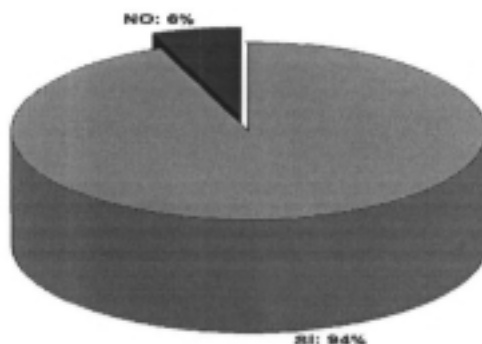


Figura 6.12 – Incremento de Ancho de Banda

También se encontró que las WLANs pueden representar una solución alternativa a la alta demanda de usuarios móviles que se tiene actualmente el país, sobre todo en puntos de alta concentración de usuarios profesionistas (ver figura 6.13).

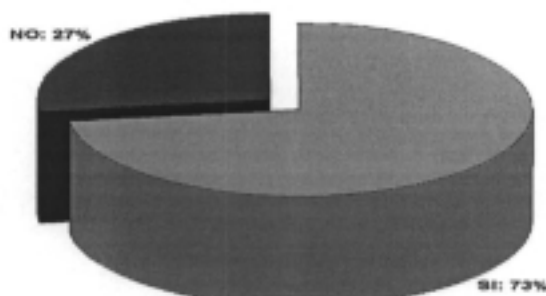


Figura 6.13 – Solución Alternativa a la Alta Demanda

Como muestra la figura 6.14, más del 60% de los encuestados está de acuerdo que se tendrá en México, dentro de los próximos 5 años, una migración a redes 3G, sin embargo un 36 opina que será dentro de más tiempo. Se debe tomar en cuenta que esta migración dependerá de la reglamentación de los servicios, existencia de un mercado potencial, estándares y tecnologías disponibles.

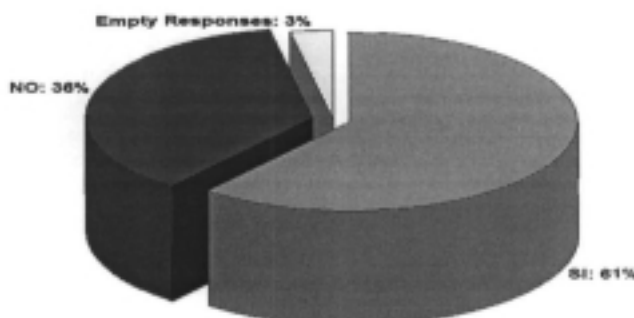


Figura 6.14 – Migración a 3G en los próximos 5 años.

Por último, en esta sección, la figura 6.15 muestra que es necesario realizar grandes esfuerzos para que los proveedores de servicios de telecomunicaciones, que deseen implementar soluciones híbridas WLAN-3G puedan ofrecer una QoS.

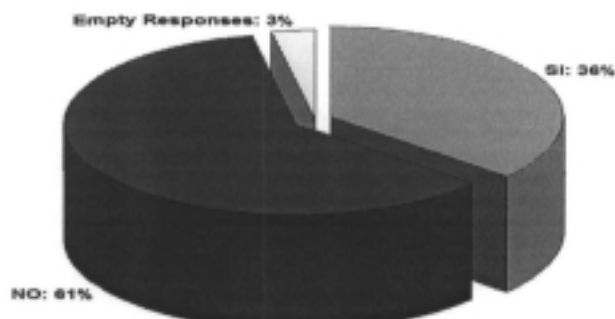


Figura 6.15 – QoS.

## 6.5 Aplicaciones.

Por último, en esta sección se pretende conocer las aplicaciones con las que actualmente cuentan los usuarios móviles en el país, así como las preferencias para el futuro. Cabe mencionar que dentro del grupo de encuestados se puede encontrar opiniones muy valiosas ya que debido a su trabajo están en constante uso de las nuevas aplicaciones que se pueden ofrecer y por lo tanto también se convierten en usuarios.

Hoy en día se pueden encontrar en el mundo de las telecomunicaciones diferentes tipos de dispositivos (celular, PDA, beeper, radios, etc.), que nos permiten manejar una gran variedad de aplicaciones. Sin embargo la tendencia es tratar de integrar la mayoría de estos servicios ofrecidos en un solo dispositivo. La figura 6.16 muestra que poco más del 33% de los usuarios encuestados maneja aparatos híbridos (radio y celular), junto con beepers y PDAs. Por otro lado más del 50% está conforme o puede satisfacer sus necesidades de comunicación con un teléfono celular y las aplicaciones que este ofrece (llamadas de voz, SMS, acceso limitado a Internet, etc.).

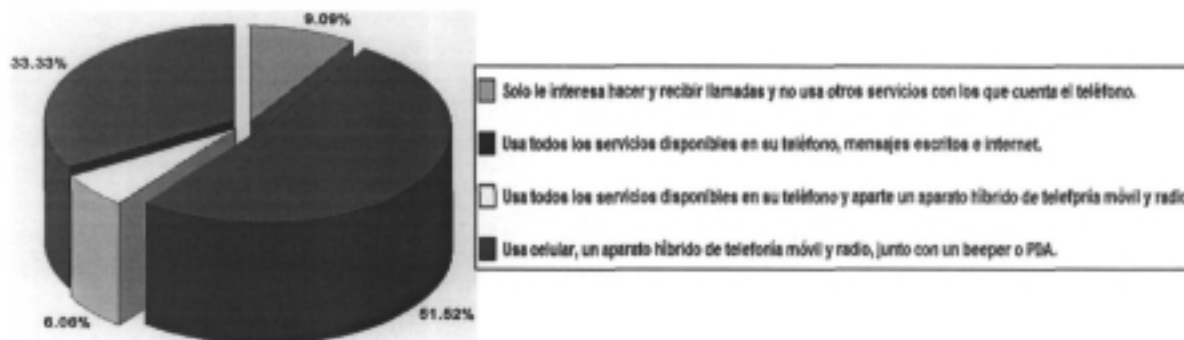


Figura 6.16 – Combinación del celular con otra tecnología.

También se consideró relevante conocer los deseos de los usuarios móviles en cuanto al uso de nuevas aplicaciones. Aunque en la figura 6.16 se muestra que al parecer un porcentaje respetable de usuarios está conforme con las aplicaciones con las que actualmente cuenta en su teléfono celular, la figura 6.17 nos dice que a más del 70% de los encuestados les agradaría contar con aplicaciones del tipo Internet y multimedia.

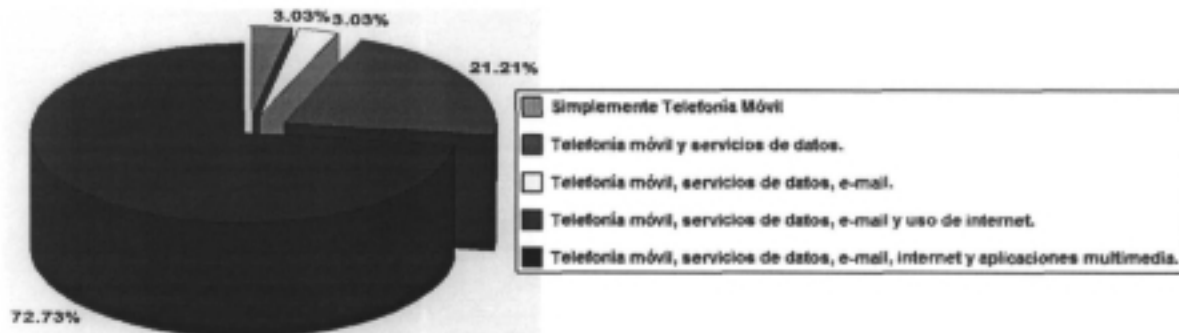


Figura 6.17 – Aplicaciones Móviles Deseadas.

De esta manera podemos pensar que la tendencia de las aplicaciones a ofrecer por los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México serán, además de la telefonía móvil y los servicios de datos, aplicaciones de e-mail, Internet y servicios multimedia (figura 6.18).

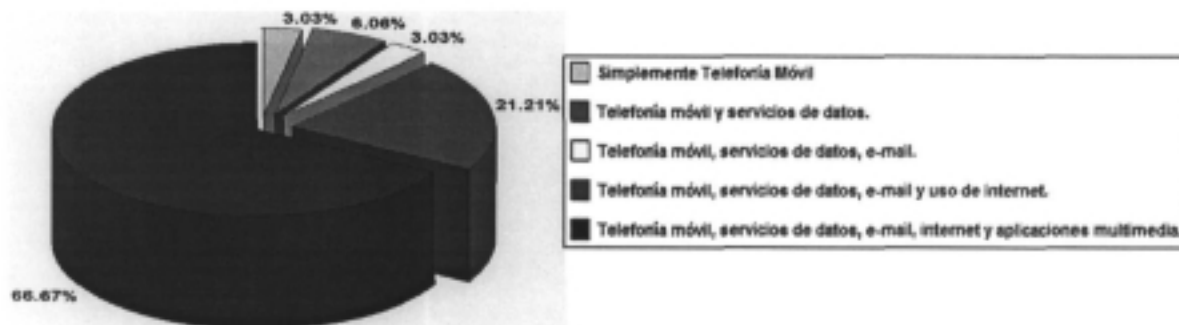


Figura 6.18 – Tendencia de las Aplicaciones Móviles.

---

# Capítulo 7

## Conclusiones

Al día de hoy, para que cualquier empresa proveedora de servicios de telecomunicaciones pueda competir en un mundo globalizado, debe estar preparada para adaptarse o anticiparse a cualquier situación cambiante. Es necesario conocer la industria local, el mercado en que se compite, las mejores prácticas a nivel mundial y sobre todo la posición competitiva de la empresa.

Los proveedores de telecomunicaciones en México deben de conocer su situación actual para formar una estrategia, basada en tecnología y alineada con su negocio, que les permita ser competitivos hoy, mañana y siempre.

Los resultados obtenidos en el Capítulo 6 nos presentan un escenario general de la situación actual en cuanto a conocimiento, posibles aplicaciones, tendencias de negocio, etc., de los proveedores de servicios de telecomunicaciones en México ante las redes híbridas WLAN – 3G.

Para comenzar, se puede decir que no se cuenta con un conocimiento pleno de los aspectos generales que envuelven a las redes inalámbricas de área local, llámense estándares, tecnologías, bandas de operación. Los resultados que arrojó la encuesta nos muestran que se tiene una idea de la tecnología, pero simplemente eso.

### Aspectos Generales de las WLAN

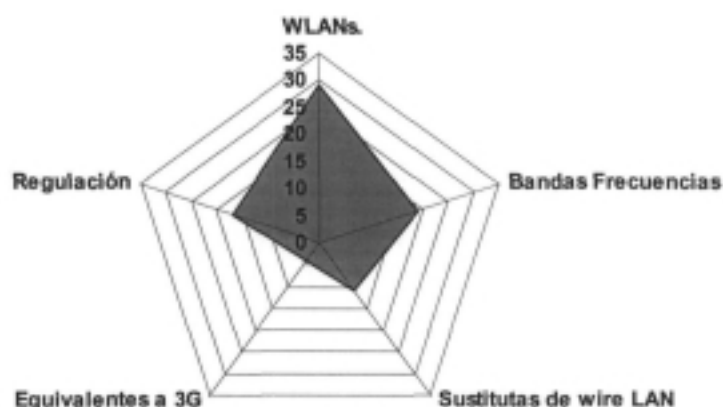


Figura 7.1 – Aspectos Generales de las WLAN.



En el radar 7.1 se puede observar que gran parte de los encuestados conoce básicamente lo que es una red inalámbrica de acceso local, pero existen algunos picos en la figura que pueden ser una barrera para la explotación de las redes híbridas en México: la falta de conocimiento del aspecto regulatorio y de las bandas de frecuencia, así como la idea de comparar a las WLAN como un servicio equivalente a las redes 3G. Para que las redes híbridas puedan tener en México una completa aceptación por los proveedores de servicio de telecomunicaciones y estos empiecen a pensar en ellas como un "nuevo negocio" es necesario que se cuente con un conocimiento pleno de todo lo que envuelve a una WLAN.

El radar 7.2 muestra que se tiene una tendencia hacia lograr una interoperabilidad plena entre las WLAN y las redes 3G, así como la idea general de lograr proporcionar una gran cobertura con la red celular apoyada por las WLAN en zonas de alto tráfico. Es importante resaltar que prácticamente la mitad de los encuestados no considera pertinente iniciar una inversión en dispositivos híbridos en la parte de integración WLAN-3G hacia arquitecturas ya antes mencionadas, pero el deseo de invertir en redes híbridas no es claro, aun comentando que la integración parcial que se tiene actualmente, no conlleva a realizar grandes inversiones. Además, se debe considerar que una pequeña parte de los encuestados considera un punto clave el hecho de que ambos sistemas (WLAN y 3G) manejen anchos de banda diferentes.

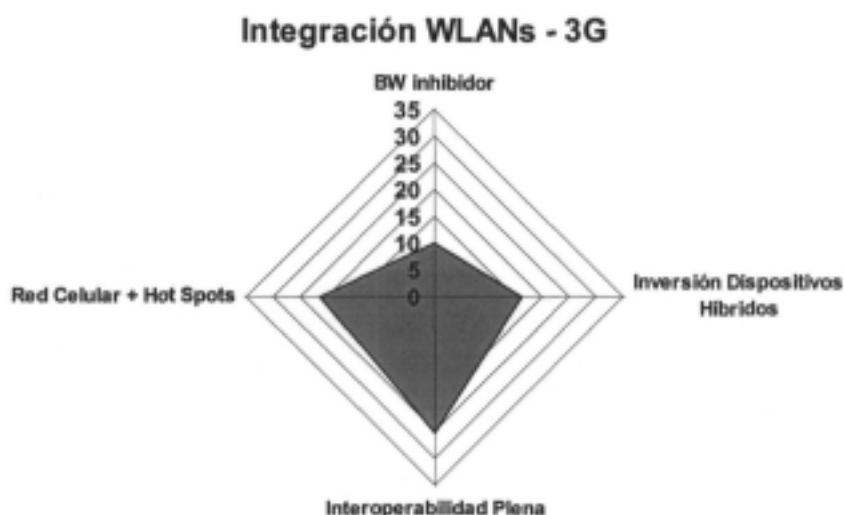


Figura 7.2 – Integración WLAN-3G.

Para pensar en una explotación de redes híbridas será necesario considerar una inversión tanto en dispositivos como en infraestructura. Las empresas de telecomunicaciones argumentan la necesidad de que tanto el mercado como la tecnología maduren para poder pensar en alguna inversión que permita el uso de las redes híbridas, podemos esperar que dentro de los próximos 5 años se presenten los primeros experimentos de redes híbridas por parte de los proveedores de servicios, aunque solo se trate de una integración débil o sencilla (simplemente AAA).

Por otro lado, la reglamentación de los servicios que se puedan ofrecer mediante redes híbridas WLAN – 3G es una cuestión que a todos preocupa. Por lo tanto, es necesario que los proveedores de servicios inviertan recursos para poder tener una reglamentación que les permita competir de una manera justa.

Aplicando una ponderación para cada reactivo y haciendo una relación con las respuestas obtenidas en la encuesta obtenemos lo siguiente:

## Reglamentación de Servicios WLAN



Figura 7.3 – Reglamentación de Servicios WLAN.

El radar 7.3 nos permite concluir que la implementación exitosa de las redes híbridas en el país dependerá en gran parte en los acuerdos y esfuerzos que se hagan entre los proveedores de servicios. También es necesario considerar que existen ISPs y aficionados que hacen uso de las frecuencias ISM, por lo que será necesario tomarlos en cuenta en el momento de tratar la reglamentación de estos servicios.

Es claro para todos que las WLANs representan una oportunidad de negocio para cualquier empresa prestadora de servicios, hoy comúnmente los ISP, y también es claro que modelando una estrategia tecnológica y de negocios, los proveedores de telefonía celular pueden crear una ventaja competitiva al integrar a su infraestructura redes inalámbricas LAN. Sin embargo, en México las empresas normalmente han tenido un rol de "seguidoras", es decir, esperan hasta estar seguros de que la tecnología ha madurado lo suficiente y que se obtenga un beneficio a mediano y largo plazo. Es muy difícil que una empresa en México sea pionera en la utilización de una tecnología y esto lo demuestran los resultados.

En la figura 7.4 es importante resaltar que gran parte de los proveedores de servicios celulares piensan tener una migración hacia redes 3G dentro de los próximos 5 años, esto no se debe considerar como una limitante para el uso de las redes híbridas ya que como se menciona con anterioridad, existen soluciones planteadas tomando en cuenta el uso de infraestructuras GSM/GPRS. Por otro lado, las compañías involucradas dudan en poder ofrecer calidad en los servicios, lo cual puede ser considerado como otro factor que influya en la decisión de realizar una inversión para poder implementar redes híbridas.

### Oportunidad de Negocio



Figura 7.4 – Oportunidad de Negocio.

La tendencia de las aplicaciones para los usuarios móviles será el poder llegar a transmitir multimedia a altas velocidades. Sin embargo, es claro que en México, los usuarios aún no requieren o no están preparados para adoptar este tipo de servicios.

Como se menciona en el Capítulo 5, existen cuatro condiciones claves para poder explotar un servicio o solución nueva de telecomunicaciones: Tecnología, Mercado, Regulación y Estándares; previamente ya fueron comentadas cada una. En la figura 7.5 se ha hecho una ponderación (0-9) de cada una de estas directrices basándonos en el marco teórico de referencia, así como en los resultados obtenidos de la encuesta. Se puede decir que en lo que se refiere a la disponibilidad de estándares y tecnología no existe ningún problema para poder poner en marcha o implementar redes híbridas en el país. Por otro lado, existe un mercado disponible y listo para ser atacado, son los profesionistas que necesitan contar con una movilidad y portabilidad plena para poder trabajar en el lugar y momento que lo requieran. Es claro que el tema de la reglamentación de estos servicios debe ser una prioridad para todas aquellas compañías que estén interesadas en explotar las redes híbridas WLAN-3G y eso lo demuestran los resultados de la encuesta.

---

## Directrices Claves

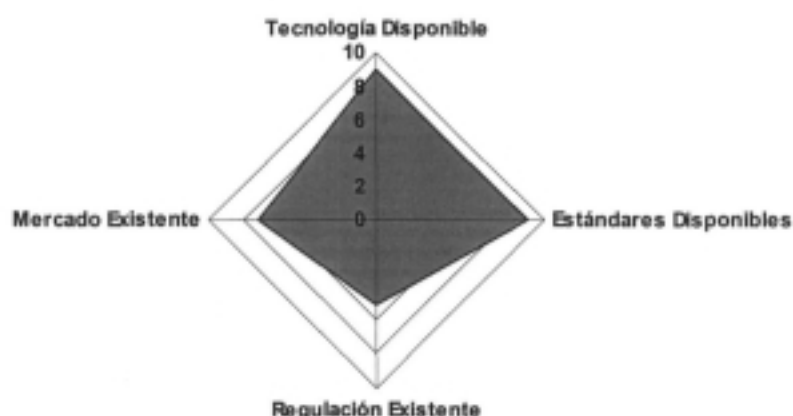


Figura 7.5 – Directrices Clave para un nuevo Servicio de Telecomunicaciones.

En este estudio, se hace un recorrido por las tecnologías (WLAN y 3G) que guiarán a las empresas de telecomunicaciones en México a un futuro próximo. Las redes híbridas WLAN – 3G ya son una realidad en otros países y muy pronto se convertirán en el pan de cada día.

El trabajo permite explorar la situación actual en la que se encuentran los proveedores de servicios de telecomunicaciones ante la evolución a redes híbridas WLAN – 3G y les permite tomar conciencia de hacia donde deben dirigir sus esfuerzos, que aspectos deben corregir y cuales no, o si es que van por un buen camino para poder implementar y ofrecer servicios de redes híbridas WLAN – 3G.

### 7.1 Trabajos Futuros.

Es evidente que existe mucho por estudiar acerca de las redes híbridas WLAN – 3G, ya que actualmente no existen soluciones estandarizadas y esto ha llevado a crear varios grupos de trabajo de organismos internacionales involucrados en el desarrollo de nuevas soluciones.

Es necesario estudiar y hacer una propuesta de regulación de las WLAN en México para que el país este preparado para adoptar estas nuevas tecnologías. Por otro lado, las empresas celulares en México manejan diferentes tecnologías y su convergencia hacia las redes 3G será diferente (W-CDMA, cdma2000), por lo que sería interesante poder estudiar técnicamente el tipo de integración para cada organización.

Un estudio del impacto de las redes híbridas tanto en clientes, como en organizaciones nos permitiría ser el punto de partida para realizar el caso de negocio. Además, las redes híbridas se presentan como una parte importante hacia la convergencia de redes de próxima generación, por lo que es importante saber cual será su trascendencia en esta evolución hacia las nuevas redes.

# Anexo 1. Encuesta



INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

## WLANs.

### PRINCIPIOS PARA LA EXPLOTACION EN MEXICO DE LAS REDES HIBRIDAS WLAN-3G

Puesto	<input type="text" value="Otro"/>
Usuario	<input type="text" value="Residencial"/>
Compañía (opcional)	<input type="text"/>
Nombre (opcional)	<input type="text"/>

#### PARTE 1. ASPECTOS GENERALES DE LAS WLANs

	SI	NO
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	<input type="radio"/> 802.11x <input type="radio"/> HiperLAN/2 <input type="radio"/> HomeRF2 <input type="radio"/> 5-UP <input type="radio"/> Otro <input type="text"/>	

- 8 ¿Cuál es la mayor ventaja de las WLANs sobre las redes alámbricas?. Numere en orden de importancia.  
This is a ranking question. Rank the items below from 1 to 5, where 1 is the highest rank, and 5 is the lowest. It is mandatory that you select an item for each of the ranks.

	1st	2nd	3rd	4th	5th
Movilidad	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Simplicidad y rapidez en la instalación	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bajo costo a largo plazo	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Escalabilidad	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Flexibilidad en la instalación	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

## PARTE 2. INTEGRACIÓN WLANs - 3G

- 9 En caso de lograr una interoperabilidad plena entre las WLANs y las redes 3G, ¿piensa usted que la diferencia significativa de ancho de banda entre las dos tecnologías puede ser un inhibidor del negocio?
- SI  
 NO

¿Por que?

- 10 ¿Estaría dispuesto a tener en un principio mayores gastos por dispositivos híbridos WLAN/3G en su organización?
- SI  
 NO

¿Por que?

- 11 En un futuro, en caso de integrar su infraestructura de 3G a las WLANs, ¿ésta sería de que forma?
- Interoperabilidad plena (Facturación, Autenticación, Autorización, Movilidad, Handover)  
 Otro

Especifique por favor:

- 12 La plataforma para integrar una red 3G con acceso WLAN será:
- Una red celular extendida con islas WLANs en zonas de alto tráfico  
 Otro

Especifique por favor:

## PARTE 3. REGLAMENTACIÓN DE SERVICIOS WLANs.

	Extremadamente Importante	Muy Importante	Importante	Algo Importante	Nada Importante
13 El ofrecer un servicio de telecomunicaciones en el que se tengan licitadas las bandas de frecuencia es:	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
13 Cualquier compañía que ofrezca un servicio de comunicación de datos basado en WLANs debe de contar con una licencia.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14	Se debe tener algún tipo de régimen de tarifas establecidas para los servicios de WLANs.	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
15	El regular las bandas de frecuencia de las WLANs garantiza una competencia justa entre los competidores.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

#### PARTE 4. OPORTUNIDADES DE NEGOCIO.

		SI	NO
16	¿Considera que las WLANs son una oportunidad de negocio para su empresa?	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
17	¿Está dispuesto a invertir en WLANs a pesar de que no se cuenta con una reglamentación de sus bandas de operación?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
18	¿Piensa que la integración de las WLANs a las redes móviles representa una ventaja competitiva para la organización?	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
19	Considera que la demanda de ancho de banda de los usuarios móviles incrementa día con día?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
20	¿Cree que las redes de área local inalámbricas representan una solución alternativa para zonas de gran intensidad de tráfico?	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
21	¿Considera que la migración a las redes de 3G se realizará dentro de los próximos 5 años?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
22	¿Considera que existe un nicho de mercado importante para las WLANs?	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
23	¿Estaría dispuesto en participar en licitaciones de bandas de frecuencia para poder ofrecer servicios de WLANs?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
24	Considerando el estado actual de las WLANs, ¿es posible ofrecer a los usuarios QoS?	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

#### PARTE 5. APLICACIONES

- 25 ¿Cómo combina el uso celular con otra tecnología?
- Solo le interesa hacer y recibir llamadas y no usa otros servicios con los que cuenta el teléfono.
  - Usa todos los servicios disponibles en su teléfono, mensajes escritos e internet.
  - Usa todos los servicios disponibles en su teléfono y aparte un aparato híbrido de telefonía móvil y radio.
  - Usa celular, un aparato híbrido de telefonía móvil y radio, junto con un beeper o PDA.

- 
- 26 ¿Que tipo de aplicaciones ofrece actualmente a sus clientes?
- Simplemente Telefonía Móvil
  - Telefonía móvil y servicios de datos
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail y uso de internet.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail, internet y aplicaciones multimedia.
  - Otro:
- 27 ¿Que tipo de aplicaciones le gustaria que estuvieran disponibles en su dispositivo móvil?
- Simplemente Telefonía Móvil
  - Telefonía móvil y servicios de datos.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail y uso de internet.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail, internet y aplicaciones multimedia.
- 28 ¿Hacia que aplicaciones esta creciendo el mercado de usuarios móviles?
- Simplemente Telefonía Móvil
  - Telefonía móvil y servicios de datos.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail y uso de internet.
  - Telefonía móvil, servicios de datos, e-mail, internet y aplicaciones multimedia.



---

## Anexo 2. Bluetooth

Bluetooth es una tecnología utilizada para conectividad inalámbrica de corto alcance entre dispositivos tales como: PDA (Asistente Personal Digital), teléfonos celulares, teclados, máquinas de fax, computadoras de escritorio y portátiles, módems, proyectores, impresoras entre otros.

El principal mercado es la transferencia de datos y voz entre dispositivos y computadores personales. El enfoque de Bluetooth es similar a la tecnología de infrarrojo conocida como IrDA (Infrared Data Association, Asociación de Datos Infrarrojos).

IrDA es una tecnología muy popular para conectar periféricos, pero se limita a conexiones de distancias cortas en rangos de un metro por línea de vista requerida para la comunicación.

Debido a que Bluetooth funciona con RF, no está sujeto a tales limitaciones; de hecho, la distancia de conexión puede alcanzar 10 metros o más, dependiendo del incremento de la potencia del transmisor, pero los dispositivos no necesitan estar en línea de vista ya que las señales de RF pueden atravesar paredes y otros objetos no metálicos sin ningún problema.

Bluetooth puede ser usado para aplicaciones en redes residenciales o en pequeñas oficinas, ambientes que son conocidos como WPAN (Wireless Personal Area Network; Redes de Área Personal Inalámbrica).

Bluetooth opera en la banda de 2.4 GHz, bajo la tecnología de radio conocida como espectro disperso. La banda de operación está dividida en canales de 1 MHz, a 1 magasímbolo por segundo, puede obtenerse un ancho de banda máximo por canal. Con el esquema de modulación empleado, GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), esto equivale a 1 Mbps. Utilizando GFSK, un 1 binario representa una desviación positiva de la portadora nominal de la frecuencia, mientras que un 0 representa una desviación negativa.

Después de cada paquete, ambos dispositivos resintonizan su radio transmisor a una frecuencia diferente, saltando de un canal de radio a otro; a esta técnica se le conoce como espectro disperso con salto de frecuencia (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum). De esta manera, los dispositivos Bluetooth utilizan toda la banda de 2.4 GHz, y si una transmisión se interfiere sobre un canal, una retransmisión siempre ocurrirá sobre un canal diferente con la esperanza de que este canal esté libre.

Como Bluetooth fue diseñado para aplicaciones móviles de poca potencia, la capacidad del radio transmisor debe ser minimizada. Tres diferentes clases de niveles de potencia están definidas para proveer rangos de operación de aproximadamente 10, 20 y 100 metros.

Aunado a las distancias cortas de conexión de Bluetooth, en materia de ancho de banda soporta hasta 780 Kbps, los cuales pueden ser utilizados para transferir

---

unidireccionalmente 721 Kbps y 57.6 Kbps en la dirección de retorno o hasta 432.6 Kbps de manera simétrica en ambas direcciones. (Martínez, 2002)

Algunas de las principales características de Bluetooth son las siguientes:

- Los dispositivos de una picocelda comparten un canal de comunicación de datos común. El canal tiene una capacidad total de 1 Mbps. Los encabezados y el control de llamada consumen cerca de 20% de esta capacidad; motivo por el cual, el máximo caudal eficaz es de 780 Kbps.
- En Estados Unidos y Europa, el intervalo de frecuencia de operación es de 2400 a 2483.5 MHz, con 79 canales de RF de 1 MHz; en la práctica, el intervalo de frecuencias es de 2402 a 2480 MHz. En México el intervalo de frecuencias va de 2450 a 2485.5 MHz.
- Un canal de datos salta aleatoriamente 1600 veces por segundo.
- Cada canal está dividido en ranuras de tiempo de 625 microsegundos cada una.
- Una picocelda tiene un dispositivo maestro y hasta 7 dispositivos esclavos. Un dispositivo maestro transmite en ranuras de tiempo pares, los esclavos en ranuras de tiempo impares.
- Los paquetes pueden tener una magnitud de hasta 5 ranuras de tiempo.
- Los datos de un paquete pueden ser de hasta 2745 bits de longitud.

---

# Glosario

<b>3GPP</b>	Third Generation Partnership Project
<b>AMPS</b>	Advanced Mobile Phone System
<b>AP</b>	Access Point
<b>BSC</b>	Base Station Controller
<b>CDMA</b>	Code Division Multiplex Access
<b>COFETEL</b>	Comisión Federal de Telecomunicaciones
<b>DSSS</b>	Direct Sequence Spread Spectrum
<b>EDGE</b>	Enhanced Data Rate for GSM Evolution
<b>EEC</b>	European Economic Community
<b>BRAN</b>	Broad Band Radio Access Networks
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standar Institute
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission
<b>FDD</b>	Frequency Division Duplex
<b>FDMA</b>	Frequency Division Multiplex Access
<b>FHSS</b>	Frequency Hopping Spread Spectrum
<b>FTP</b>	File Transfer Protocol
<b>GERAN</b>	GSM/EDGE Radio Access Network
<b>GPRS</b>	General Packet Radio Services
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications
<b>HRFWG</b>	HomeRF Work Group
<b>ISM</b>	Industrial, Scientific and Medic
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronic Engineers
<b>IMT-2000</b>	International Mobile Communication
<b>OSI</b>	Open Systems Interconnection
<b>ITU</b>	International Telecommunications Union
<b>LAN</b>	Local Area Network
<b>MAC</b>	Medium Access Control
<b>MAN</b>	Metropolitan Area Network
<b>MT</b>	Mobil Terminal
<b>NIC</b>	Network Interface Card
<b>NOS</b>	Network Operation System
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>OHG</b>	Operators Harmonization Group
<b>PCS</b>	Personal Communication Services

---

<b>PDA</b>	Personal Digital Assistant
<b>PDP</b>	Packet Data Protocol
<b>QoS</b>	Quality of Service
<b>RF</b>	Radio Frequency
<b>RNC</b>	Radio Network Controller
<b>SCT</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
<b>SS</b>	Spread Spectrum
<b>SWAP</b>	Shared Wireless Access Protocol
<b>TDD</b>	Time Division Duplex
<b>TDM</b>	Time Division Multiplex
<b>TDMA</b>	Time Division Multiplex Access
<b>TE</b>	Terminal Equipment
<b>TIA</b>	Telecommunications Industry Association
<b>UMTS</b>	Universal Mobile Telecommunication Services
<b>USIM</b>	Universal SIM
<b>UTRAN</b>	UMTS Terrestrial Radio Access Network
<b>VoIP</b>	Voice over Internet Protocol
<b>WAN</b>	Wide Area Network
<b>WAP</b>	Wireless Access Protocol
<b>WLAN</b>	Wireless Local Area Network
<b>WPAN</b>	Wireless Personal Area Networks

---

## Referencias Bibliográficas

- Ala-Laurila, J., Mikkonen, J., Rinnemaa, J., *"Wireless LAN Access Network Architecture for Mobile Operators"*, Nokia Mobile Phones, IEEE Communications Magazine, Noviembre, 2001.
- Andersson, C., *"GPRS and 3G Wireless Applications: The Ultimate Guide to Maximizing Mobile Internet Technologies"*, Wiley Computer, 2001.
- Andrade, J., *"Guía para la Realización de Proyectos de Investigación"*, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. 1997.
- Brodsky, I., *"Wireless: The Revolution in Personal Telecommunications"*, Artech House, 1995.
- Boström T., Goldbeck-Löwe, T., Keller R., *"Ericsson Mobile Operator WLAN solution"*. Ericsson Review No. 1, 2002
- CFT, *"Informe de Labores 2000"*, [Enlínea]. Disponible: [http://www.cft.gob.mx/html/1\\_cft/informe3/](http://www.cft.gob.mx/html/1_cft/informe3/)
- Carrascosa, A., Huidobro, J., *"Integración WLAN-UMTS: Las LAN inalámbricas como bucle local de las redes 3G"*, 2002, [Enlínea]. Disponible: <http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=134359>
- Cave, Martin, *"Review of Radio Spectrum Management"*, Department o Trade and Industry Her Majesty's Treasury, March 2002, [Enlínea]. Disponible: <http://www.spectrumreview.radio.gov.uk/>
- Chlamtac, I., Lin, Y., *"Wireless and Mobile Networks Architectures"*, Wiley Computer, 2001.
- Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. *"Convergencia, Competencia y Regulación en los Mercados de las Telecomunicaciones, el Audiovisual e Internet"*, Gretel2002, Madrid, España, [Enlínea]. Disponible: <http://coit.zilos.melodysoft.com/publicac/publcoit/gretel2000/>
- De Vriendt, J.; Laine, P.; Lerouge, C.; Xiaofeng Xu, *"Mobile network evolution: a revolution on the move"*, IEEE Communications Magazine, Pp(s): 104 -111, April 2002
- Dornan, Andy *"The Essential Guide to Wireless Communications Applications"*, Prentice Hall, Primera Edición, 2001
- Dusseldorp, Van. *"WLAN not a threat to 3G"*, Europemedia, Febrero 22, 2002

- 
- Ganesh, R.; Pahlavan, K. *"Wireless Network Deployments"*, Kluwer Academic Publishers, 2000.
  - Gast, M., *"802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide"*, Editorial O'Reilly, Primera Edición, 2002.
  - Geier, J., *"Wireless LANs: Implementing High Performance IEEE 802.11 Networks"*, SAMS, Segunda Edición, 2002.
  - Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P.; *"Metodología de la Investigación"*, Editorial McGraw Hill, Segunda Edición, 1991.
  - Jordana, J., Sancho, D., *"Políticas de Telecomunicaciones en España"*, Editorial Tecnos, 1999.
  - Jordan, R.; Abdallah, C.T. *"Wireless communications and networking: an overview"*, IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol. 44, pp: 185 -193, Feb. 2002.
  - Juárez, J., Téllez, S., *"CDMA2000 Tecnología de Comunicaciones Inalámbrica Celulares de Tercera Generación"*. Tesis para obtener el Título de Ingeniero en Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería, UNAM, 2002.
  - Long, T. *"The Changing Nature of Telecommunications/Information Infrastructure"*, National Academy, 1995, Capítulo 3, pag 154
  - Martínez, E., *"Estándares de WLAN"*, Revista RED. Número 139, Junio, 2002.
  - Martínez, E., *"Bluetooth, afila sus dientes"*, Revista RED. Número 140, Julio, 2002.
  - Nguyen, T.H.; Sadiku, M.N.O. *"Next generation networks"*, IEEE Potentials, Vol: 21 Issue: 2 , Abril-May 2002, pp: 6 -8.
  - Paetsch, M., *"Mobile Communications in the US and Europe: Regulation, Technology, and Markets"*, Artech House, 1993
  - Pahlavan, K.; Levesque A. *"Wireless Information Networks"*, Editorial: John Wiley & Sons Inc, Cap: 1 y 12, 1995.
  - Prasad, A.R.; Prasad, N.R.; Kamerman, A.; Moelard, H.; Eikelenboom, A. *"Indoor wireless LANs deployment"*, Vehicular Technology Conference Proceedings, IEEE 51st , Vol: 2 , 2000, Pag(s): 1562 -1566 vol.2
  - Proyecto de Norma Mexicana PROY-NOM-121-SCTI-2001, *"Telecomunicaciones-Radiocomunicaciones-Sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso"*, Diario Oficial, Viernes 8 de Febrero de 2002

- 
- Serrano, Arturo [2000]. "El reto de la regulación en telecomunicaciones en la nueva economía" [Enlínea]. Disponible:  
<http://www.teledes.org/deinteres/retoregtel2n.html>
  - Santamaría, A., López-Hernández, F., "Wireless LAN Systems", Artech House, 1994
  - Steele, R., Hanzo, L., "Mobile Radio Communications: Second and Third Generation Cellular and WATM Systems" Ed. John Wiley & Sons, 1999
  - Tanenbaum, A. "Redes de Computadoras". Prentice Hall, Tercera Edición, 1997
  - The Wireless LAN Alliance, "Introduction to Wireless LANs", [Enlínea]. Disponible:  
[http://www.wlana.com/learning\\_center.html](http://www.wlana.com/learning_center.html)
  - Vermeer, V., "Wireless LANs; why IEEE 802.11 DSSS?", Wescon/97. Conference Proceedings , 1997, Page(s): 172 -178
  - Whitters, David. "Radio Spectrum Management". The Institution of Electrical Engineers. Segunda Edición, Cap. 1, 1999.
  - Radiomóvil DIPSA. [Enlínea]. Disponible:  
<http://telcel.com>
  - IUSACELL. [Enlínea]. Disponible:  
<http://iusacell.com.mx>
  - Telefónica Movistar. [Enlínea]. Disponible:  
<http://telefonica.com>
  - Unefon. [Enlínea]. Disponible:  
<http://unefon.com.mx>
  - Comisión Federal de Telecomunicaciones. [Enlínea]. Disponible:  
<http://cft.gob.mx>
  - Atheros Communications. [Enlínea]. Disponible:  
[http://www.atheros.com/news/5\\_up.html](http://www.atheros.com/news/5_up.html)

