



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

**CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE  
UNA RED INALÁMBRICA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

GERARDO MANUEL PAREDES GRIGNON  
ASESORADO POR ING. EDGAR FRANCISCO RODAS ROBLEDO

Guatemala, noviembre de 2005



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE  
UNA RED INALÁMBRICA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**GERARDO MANUEL PAREDES GRIGNON**

ASESORADO POR EL ING. EDGAR FRANCISCO RODAS ROBLEDO

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

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Luis Alberto Vettorazzi España
EXAMINADOR	Ing. Marlon Pérez Turk
EXAMINADOR	Inga. Elizabeth Domínguez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### **CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED INALÁMBRICA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA,**

tema que me fuera asignado por la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería con fecha febrero de 2004.



Gerardo Manuel Paredes Grignon



Guatemala 27 de Octubre de 2005

Ing. Carlos Alfredo Azurdia Morales  
Coordinador comisión trabajos de graduación  
Carrera de Ciencias y Sistemas  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Guatemala, Ciudad

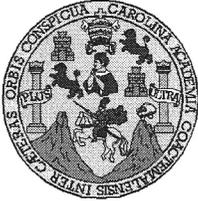
Estimado Ingeniero:

El motivo de la presente es informarle que como asesor del estudiante **Gerardo Manuel Paredes Grignon** he procedido a revisar el trabajo de tesis titulado **Consideraciones de diseño para el despliegue de una red inalámbrica para la Facultad de Ingeniería** y que de acuerdo a mi criterio el mismo se encuentra concluido y cumple con los objetivos definidos al inicio.

Sin otro particular me suscribo de ustedes,

Atentamente,

  
Ing. Francisco Rodas  
Asesor



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ciencias y Sistemas

Guatemala 02 de Noviembre de 2005

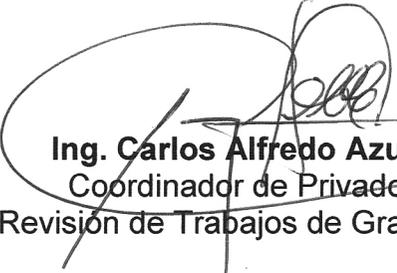
Ingeniero  
**Jorge Armin Mazariegos**  
Coordinador de la Carrera de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas.

**Respetable Ingeniero Mazariegos:**

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de Graduación del estudiante **GERARDO MANUEL PAREDES GRIGNON**, titulado: **“CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED INALAMBRICA PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA”**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados y  
Revisión de Trabajos de Graduación





*El Director de la Escuela de Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación titulado "CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED INALÁMBRICA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA", presentado por el estudiante GERARDO MANUEL PAREDES GRIGNON, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

*Ing. Jorge Armin Mazariegos Rabanal*  
**DIRECTOR**  
**INGENIERIA EN CIENCIAS Y SISTEMAS**



*Guatemala, 02 de noviembre del 2005*



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA EL DESPLIEGUE DE UNA RED INALÁMBRICA PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA**, presentado por la estudiante universitaria **Gerardo Manuel Paredes Grignon**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, noviembre de 2005

/cdes

## AGRADECIMIENTOS

A:

Mis padres Gerardo Paredes Navarrete y Silvia Elizabeth Grignon por el apoyo incondicional que me brindaron a lo largo de mi carrera.

Mi hermano Luis Pedro, gracias por apoyarme. Y que el triunfo alcanzado sea de ejemplo para sus estudios.

Mis amigos Alejandro, Javier, David (mis otros hermanos), Eduardo, Gaby, Patty, Francisco, Maco, Felix, Adán, Ricardo, Edgar y demás compañeros por apoyarme en este proceso.

Celma Evelyn Perez por que eres la persona más especial para mi y por apoyarme y alentarme para la culminación del presente trabajo.

Mi asesor Ing. Francisco Rodas y al ex-Director de Escuela Ing. Luis Vettorazzi por su apoyo brindado en la ejecución del presente trabajo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron o participaron en la realización de esta investigación, hago mi más sincero reconocimiento.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres, Gerardo Paredes Navarrete y Silvia Elizabeth Grignon, porque siempre estuvieron pendientes del esfuerzo realizado durante estos años de estudio y siempre me apoyaron para seguir adelante.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VII</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XVII</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>XIX</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XXI</b>
<b>1 REDES LAN INALÁMBRICAS .....</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción .....	2
1.2 Historia.....	3
1.3 Aplicaciones de las redes inalámbricas .....	4
1.4 Beneficios de las WLANs.....	6
1.4.1 Movilidad.....	6
1.4.2 Simplicidad y rapidez de instalación .....	7
1.4.3 Flexibilidad de instalación .....	7
1.4.4 Costo de propiedad reducido .....	7
1.4.5 Escalabilidad .....	8
1.5 Consideraciones del cliente de WLAN.....	8
1.5.1 Cobertura .....	8
1.5.2 Transferencia Real (o Caudal) .....	9
1.5.3 Integridad y confiabilidad .....	10
1.5.4 Interoperabilidad con infraestructura alambrada.....	10
1.5.5 Interoperabilidad con infraestructura inalámbrica.....	11

1.5.6	Interferencia y coexistencia .....	11
1.5.7	Licencias.....	12
1.5.8	Simplicidad / Facilidad de uso .....	12
1.5.9	Seguridad en la comunicación.....	13
1.5.10	Costos.....	14
1.5.11	Escalabilidad.....	15
1.5.12	Seguridad social .....	15
<b>2</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS WLANS .....</b>	<b>17</b>
2.1	WLANS y otras tecnologías inalámbricas .....	18
2.1.1	Diferencias entre WLANS y otras tecnologías inalámbricas...	19
2.1.2	Tecnología Bluetooth .....	19
2.1.2.1	Modelos de uso .....	21
2.1.2.2	Bluetooth 2.0+EDR.....	23
2.2	Topologías de redes inalámbricas.....	23
2.2.1	Ad Hoc / Par-a-Par .....	24
2.2.2	Modo infraestructura .....	27
2.3	Tecnologías de transmisión de datos .....	28
2.3.1	Tecnología de banda estrecha (Narrowband).....	29
2.3.2	Espectro disperso (Spread Spectrum – SS) .....	30
2.3.3	Tecnología de espectro disperso por salto de frecuencia (FHSS).....	31
2.3.4	Tecnología de espectro disperso por secuencia directa (DSSS).....	32
2.4	Asuntos de alcance .....	33
2.4.1	Poder de transmisión .....	35
2.4.2	Sensibilidad .....	36
2.4.3	Atenuación.....	36
2.4.4	División entre Señal/Interferencia .....	37

2.5	Uso de la frecuencia de redes LAN inalámbricas .....	38
2.6	Fuentes de interferencia en las WLANs.....	41
<b>3</b>	<b>CÓMO TRABAJAN LAS WLAN .....</b>	<b>45</b>
3.1	Componentes de una red inalámbrica .....	46
3.1.1	Adaptadores para sistemas cliente (Tarjetas).....	46
3.1.2	Pasarelas y puntos de acceso .....	47
3.1.3	Antenas.....	49
3.1.4	Pigtail .....	50
3.1.5	Cables.....	50
3.1.6	Conectores.....	51
3.2	Roaming .....	51
3.3	Balanceo de carga.....	53
3.4	Cambio dinámico de tasa (Dynamic Rate Switching) .....	53
3.5	Acceso al medio (Media Access).....	54
3.6	Fragmentación (Fragmentation) .....	54
3.7	Evitación de colisiones (Collision Avoidance) .....	55
3.8	Canalización (Channelization) .....	55
3.9	Direccionamiento lógico.....	56
3.10	Seguridad y WEP.....	57
3.10.1	Métodos de seguridad.....	57
3.10.1.1	Autenticación .....	58
3.10.1.2	Encriptación.....	58
3.10.2	Consideraciones para la seguridad.....	59
3.10.3	Consideraciones de seguridad para redes inalámbricas.....	60
3.10.3.1	La tecnología de espectro disperso (Spread Spectrum) .....	61
3.10.3.2	Autenticación de la estación – ESS ID .....	62

3.10.3.3 Autenticación de usuarios – Control de contraseñas.....	63
3.10.3.4 Encriptación de datos.....	64
3.10.3.5 Otras consideraciones de las redes inalámbricas ....	64
3.10.4 WEP – Wired Equivalency Privacy .....	65

<b>4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE REDES INALÁMBRICAS (WLAN) DE RADIO FRECUENCIA (RF) .....</b>	<b>67</b>
4.1 Indicaciones básicas de RF.....	68
4.1.1 Dominios reguladores y rangos de frecuencias de operación.....	69
4.1.2 Factores que afectan la cobertura de las WLAN .....	73
4.1.3 Selección de canal.....	73
4.2 Norma IEEE 802.11.....	77
4.2.1 Clasificación de la norma 802.11 .....	79
4.2.2 Actividades de los grupos de tareas del 802.11 .....	79
4.2.3 Breve descripción de las normas de WLAN.....	83
4.2.3.1 Normas aprobadas.....	83
4.2.3.2 Normas en etapa de desarrollo .....	86
4.2.4 Especificaciones del 802.11 .....	87
4.2.4.1 802.11 .....	87
4.2.4.2 802.11a .....	87
4.2.4.3 802.11b .....	88
4.2.4.4 802.11b+ (22 Mbps) .....	89
4.2.4.5 802.11g .....	90
4.3 Implementación del espectro de RF .....	90
4.3.1 IEEE 802.11b – Tecnología DSSS .....	91
4.3.2 Canales en los 2.4 GHz.....	92
4.3.3 IEEE 802.11a – Tecnología OFDM .....	93

4.3.4	Canales en los 5 GHz .....	94
4.4	Planeación para el despliegue de RF .....	96
4.4.1	Mejoras prácticas para el despliegue de RF .....	96
4.4.2	Requerimientos de tasa de datos para WLAN .....	97
4.4.3	Requerimientos de densidad de cliente y de Caudal .....	101
4.4.4	Requerimientos de Cobertura de WLAN .....	104
4.4.5	Políticas de Seguridad .....	105
4.4.6	Ambiente de RF .....	105
<b>5</b>	<b>CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA DE WLAN .....</b>	<b>107</b>
5.1	Competencia entre estándares de WLAN.....	108
5.2	Consideraciones de capacidad (Capacity) de WLAN .....	111
5.3	Consideraciones de tasa de datos (Data Rate) .....	112
5.4	Consideraciones de caudal (Throughput) .....	115
5.5	Consideraciones de Rendimiento (Performance) .....	119
5.6	Consideraciones de alcance (Range) .....	121
5.6.1	Propagación de la señal.....	125
5.6.2	Consideraciones de la antena.....	125
5.7	Resumen de selección de tecnología .....	127
<b>6</b>	<b>PLANIFICACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA .....</b>	<b>131</b>
6.1	Descripción de requerimientos .....	131
6.2	Descripción de Solución .....	132
6.3	Obtención de requerimientos .....	133
6.3.1	Requerimiento A .....	133
6.3.2	Requerimiento B .....	135
6.3.2.1	Elaboración de la encuesta.....	135
6.3.2.2	Delimitación del grupo a encuestar.....	137

6.3.2.3	Tabulación de los datos.....	138
6.3.2.4	Análisis de Resultados de la Encuesta .....	141
6.3.3	Requerimiento C.....	152
6.4	Consideraciones para la selección de la tecnología.....	154
6.4.1	Tasa de datos .....	157
6.4.2	Caudal .....	158
6.4.3	Rendimiento.....	159
6.4.4	Alcance y Cobertura .....	159
6.5	Determinación de la tecnología a utilizar .....	160
6.6	Análisis para ubicación de los puntos de acceso .....	162
6.6.1	Ubicación de los puntos de acceso .....	164
6.6.2	Gráfica de ubicación de los Puntos de Acceso.....	170
6.6.3	Especificaciones y beneficios de la tecnología utilizada .....	172
6.6.4	Determinación de la tecnología para los clientes.....	177
6.6.4.1	Adaptadores para cliente.....	177
6.6.4.2	Clientes 802.11b .....	179
6.6.4.3	Clientes 802.11b/g .....	181
6.7	Costo del Equipo .....	184
6.8	Determinación del plan de crecimiento.....	186
6.8.1	Factores de crecimiento .....	187
6.8.2	Tiempo e inversión .....	188
6.9	Recomendaciones para la seguridad .....	189
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>193</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>195</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>197</b>
	<b>APÉNDICE .....</b>	<b>199</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Modo ad hoc .....	24
2. Configuraciones de WLAN ad hoc: A) WLAN Independiente B) WLAN Independiente de Alcance Extendido usando un AP como repetidor .....	26
3. Set de Servicios Básico (BSS) y Set de Servicios Extendido (ESS) .....	27
4. Espectro Disperso por Salto de Frecuencia (FHSS) .....	32
5. Espectro Disperso por Secuencia Directa (DSSS).....	33
6. Ancho de banda requerida para cada canal de 802.11 (también demuestra los 5 MHz entre cada frecuencia).....	40
7. Ejemplo de frecuencias traslapadas - Ubicación de ancho de banda del 802.11b .....	41
8. <i>Roaming</i> sobre puntos de acceso con frecuencias no traslapadas permite un rango de cobertura virtualmente ilimitada .....	52
9. Traslape entre celdas de Puntos de Acceso .....	74
10. Diagrama de Despliegue de Doble Banda .....	76
11. Esquema de colocación de canales en la banda de los 2.4GHz del 802.11b .....	93
12. Esquema de Colocación de Canales en la banda de los 5GHz del 802.11a .....	95
13. Tasa de Datos y Cobertura del 802.11b .....	98

14. Comparación de Cobertura y densidad de APs para diferentes Tasas de Datos.....	99
15. Cambio del Poder de Transmisión para Incrementar el Caudal del Cliente.....	103
16. Tasa de Datos y Cobertura del 802.11a .....	114
17. Diferencia de cobertura entre el 802.11a y el 802.11b .....	124
18. Comparación de Alcance para los APs 802.11a y 802.11b .....	129
19. Plano de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería .....	134
20. Encuesta para la Facultad de Ingeniería .....	136
21. Análisis de Resultados de la pregunta 1 de la encuesta.....	141
22. Análisis de Resultados de la pregunta 2 de la encuesta.....	142
23. Análisis de Resultados de la pregunta 3 de la encuesta.....	143
24. Análisis de Resultados de la pregunta 4 de la encuesta.....	144
25. Análisis de Resultados de la pregunta 5 de la encuesta.....	146
26. Análisis de Resultados de la pregunta 6 de la encuesta.....	147
27. Análisis de Resultados de la pregunta 7 de la encuesta.....	150
28. Análisis de Resultados de la pregunta 8 de la encuesta.....	151
29. Ubicación de la red alamburada de la Facultad de Ingeniería .....	153
30. Planta Edificio T3 y la ubicación del Punto de Acceso.....	165
31. Planta Edificio Biblioteca y la ubicación del Punto de Acceso .....	167
32. Planta Edificio T7 y la ubicación del Punto de Acceso.....	168
33. Planta Edificio T1 y la ubicación del Punto de Acceso.....	169
34. Planta Facultad de Ingeniería y la ubicación de los Puntos de Acceso .....	171
35. Adaptadores Cliente 802.11b .....	179
36. Adaptadores Cliente 802.11b .....	182
37. Perspectiva de Conjunto del T5 y ubicación de Punto de Acceso .....	199
38. Edificio T5 .....	199

39. Perspectiva de Conjunto de Biblioteca y ubicación de Punto de Acceso .....	200
40. Edificio Biblioteca Exterior.....	200
41. Apunte Interior de Biblioteca y ubicación de Punto de Acceso .....	201
42. Edificio Biblioteca Interior .....	201
43. Perspectiva de Conjunto del T7 y ubicación de Punto de Acceso .....	202
44. Edificio T7 .....	202
45. Perspectiva de Conjunto del T1 y ubicación de Punto de Acceso .....	203
46. Edificio T1 .....	203

## TABLAS

I. Diferencias más importantes entre las WLANs y otras tecnologías inalámbricas .....	19
II. Canales y Frecuencias por región para el 802.11b.....	39
III. Dominios Reguladores .....	70
IV. Rango de Frecuencias de Operación para 802.11b.....	70
V. Bandas de Frecuencias y Números de Canal para 802.11a de la FCC.....	71
VI. Frecuencias de Bandas y Números de Canal Adicionales para 802.11a en Otros Dominios Reguladores .....	72
VII. Actividades de los Grupos de Tarea del IEEE 802.11 .....	80
VIII. Bandas ISM.....	91
IX. Transferencia Real (o caudal) en la mayor Tasa de Datos .....	117
X. Comparación entre la Tasa de Datos y el alcance para el 802.11a y el 802.11b .....	122

XI. Valores típicos de Alcance para 802.11b con Antenas de Goma de Pato .....	128
XII. Valores típicos de Alcance para 802.11a con Antena Omnidireccional .....	128
XIII. Resultados a la pregunta 1 de la encuesta.....	138
XIV. Resultados a la pregunta 2 de la encuesta.....	138
XV. Resultados a la pregunta 3 de la encuesta.....	138
XVI. Resultados a la pregunta 4 de la encuesta.....	139
XVII. Resultados a la pregunta 5 de la encuesta.....	139
XVIII. Resultados a la pregunta 6 de la encuesta.....	139
XIX. Resultados a la pregunta 7 de la encuesta.....	140
XX. Resultados a la pregunta 8 de la encuesta.....	140
XXI. Frecuencia de Uso de ubicaciones para conectarse a la red .....	148
XXII. Beneficios de la tecnología del 802.11b/g .....	172
XXIII. Especificaciones de Punto de Acceso 802.11b/g .....	176
XXIV. Características de adaptadores para clientes.....	178
XXV. Especificaciones de Adaptadores Cliente 802.11b.....	180
XXVI. Especificaciones de Adaptadores Cliente 802.11b/g.....	183
XXVII. Costo de Puntos de Acceso de marca Cisco.....	185
XXVIII. Costo del equipo para la red inalámbrica de Ingeniería.....	185
XXIX. Precios de Tarjetas para usuarios. ....	186

## GLOSARIO

- Ancho de banda** -*Bandwidth*- La capacidad de transporte de datos de una conexión de red, usado como un indicador de velocidad. Por ejemplo, un enlace *Ethernet* es capaz de mover 10 millones de bits de datos por segundo. Un enlace *Fast Ethernet* puede mover 100 millones de bits de datos por segundo, o sea, 10 veces mas ancho de banda.
- Cliente** -*Client*- Una PC o terminal en red que comparte “servicios” con otras PCs. Estos servicios están guardados dentro o administrados por un servidor.
- Espina Dorsal** -*Backbone*- Parte de una red que actúa como el camino primario para mover el tráfico entre redes, en vez de dentro de una red.
- Ethernet** Una tecnología de LAN popular que usa CSMA/CD - detección de colisión- para mover paquetes entre estaciones de trabajo y corre sobre una variedad de tipos de cable a 10 Mbps. También, llamada 10BaseT.

**Fast Ethernet**      *Ethernet* Rápida. Usa el mismo método de transmisión que la Ethernet de 10 Mbps -detección de colisión- pero opera a 100 Mbps -10 veces más rápido-. *Fast Ethernet* provee una mejora en la trayectoria para mejorar el rendimiento en redes *Ethernet* congestionadas, por que usa el mismo cableado, aplicaciones y herramientas de administración de red. Algunas variaciones incluyen 100Base-FX, 100Base-T4 y 100Base-TX.

**Hub**                      Un dispositivo que interconecta clientes y servidores, repitiendo -o amplificando- la señal entre los dos. Los *hubs* actúan como concentradores de cableado en redes basadas en topología estrella -en lugar de topologías bus-.

**IEEE**                      -*Institute of Electrical and Electronics Engineers*- Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Es una asociación profesional técnica, no lucrativa con mas de 377,000 miembros individuales en 150 países. Es la autoridad principal en áreas técnicas abarcando desde ingeniería de computadoras, tecnología biomédica y telecomunicaciones, hasta energía eléctrica, aeroespacio, entre otros. Tiene cerca de 900 estándares activos con 700 más bajo desarrollo.

<b>IEEE 802.X</b>	Conjunto de especificaciones para las redes LAN dictadas por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). La mayoría de las redes cableadas cumplen con la norma 802.3, especificación para las redes <i>Ethernet</i> basadas en CSMA/CD. El comité 802.11 completó en 1997 un estándar para redes inalámbricas de 1 y 2 Mbps que tiene una única capa MAC para las siguientes tecnologías de capa física: FHSS, DSSS e infrarrojo.
<b>Internet</b>	Una red global masiva, interconectando decenas de miles de computadoras y redes alrededor del mundo y accesible desde cualquier computadora con una conexión por <i>modem</i> o <i>router</i> y el software apropiado.
<b>LAN</b>	- <i>Local Area Network</i> - Red de Área Local. Típicamente, una red o grupo de segmentos de red confinados a un edificio o a un campus.
<b>Microcelda</b>	Un espacio físico en el que un número de dispositivos inalámbricos puede comunicarse. Puesto que es posible tener celdas solapadas, así como celdas aisladas, los límites de una celda están establecidos por alguna regla o convención.

- Modem** Dispositivo que permite a una computadora conectarse a otras computadoras y redes usando líneas de teléfono ordinarias. Los *modems* “modulan” la señal digital de una computadora en señal análoga para la transmisión, luego “desmodulan” esa señal análoga de nuevo al lenguaje digital que la computadora en el otro extremo pueda entender.
- Multidifusión** *-Multipath-* La variación de señal causada cuando las señales de radio toman múltiples caminos desde el transmisor al receptor.
- Nodo inalámbrico** Una computadora de usuario con una tarjeta de interfaz de red inalámbrica, adaptador.
- Paquete** *-Packet-* Un bloque de datos con un “encabezado” agregado que puede indicar el contenido del paquete y hacia donde se dirige.
- Punto de Acceso** *-Access Point-* Dispositivo que transporta datos entre una red inalámbrica y una red alámbrica, infraestructura.

**Red Independiente -Ad-Hoc-** Una red que provee, normalmente, temporalmente, conectividad punto a punto sin depender de una infraestructura completa de red.

**Red Infraestructura** Una red inalámbrica centrada alrededor de un punto de acceso. En este entorno, los puntos de acceso no solamente proporcionan comunicación con la red cableada sino que, también, median con el tráfico de red en la vecindad inmediata.

**Roaming** Movimiento de un nodo inalámbrico entre dos microcélulas. *Roaming* ocurre, usualmente, en redes de infraestructura construidas alrededor de varios puntos de acceso.

**Servidor** -Server- Una computadora o hasta un programa que provee de servicios a clientes, tales como almacenamiento de archivos -servidor de archivos-, programas -servidor de aplicaciones-, compartición de impresoras -servidor de impresión-, fax -servidor de fax- o compartición de modem -modem server-. Ver también cliente.

**GHz, MHz, Hz**

La unidad internacional para medir frecuencias es el Hertzio (Hz) el cual es equivalente a la unidad antigua de ciclos por segundo. Un Megahercio (MHz) es un millón de Hertz. Un Gigahercio (GHz) es un millardo -mil millones- de Hertz por segundo. Como referencia: la frecuencia estándar eléctrica para Estados Unidos es 60 Hz, la banda de frecuencia de radiodifusión AM es 0.55 – 1.6 MHz, la banda de frecuencia de radiodifusión FM es 88 – 108 MHz y los hornos de microondas operan típicamente a 2.45 GHz.

## RESUMEN

La tecnología de redes inalámbricas de área local, WLANs, han evolucionado mucho en la última década y su aplicación en el área de las redes de área local es poco conocida, pero, ya que, los costos del equipo han ido en disminución y el ambiente de las oficinas donde hay redes cableadas se ha vuelto más dinámico, han impulsado el aumento de la utilización de éstas tecnologías.

Existen beneficios y consideraciones importantes que un cliente o empresa que desee implementar la solución de redes inalámbricas debe tener en cuenta a la hora de comparar con una solución de red cableada.

Se muestran las características generales de una red inalámbrica, tales como las tecnologías inalámbricas disponibles, las topologías, opciones tecnológicas y algunos asuntos de alcance e interferencia que se deben tomar en cuenta a la hora de pensar en el despliegue de una solución basada en redes inalámbricas.

Dado que existen varios componentes en una red inalámbrica, hay que adentrar en el conocimiento de estos dispositivos para identificar cuales se conectan, directamente, con la red alamburada actual y cuáles tienen que ser utilizadas por un usuario cliente de la red inalámbrica. Y, a la hora de diseñar una solución, se deben tener en cuenta algunos conocimientos básicos que afectan a las redes inalámbricas y las normas internacionales que afectan el rendimiento de éstas.

Por último, antes de seleccionar la tecnología de WLAN a desplegar se deben tener en cuenta ciertas consideraciones tales como el estándar a utilizar y en base a eso, la capacidad, la tasa de datos, la transferencia real, el rendimiento y el alcance. Habiendo seguido todas las recomendaciones presentadas podremos entonces desplegar la solución basada en tecnología de red inalámbrica, si es que fue ésta la mejor solución.

## OBJETIVOS

- **General**

Diseñar un sistema de red inalámbrica de área local (WLAN) utilizando dispositivos inalámbricos para interiores y exteriores.

- **Específicos**

1. Dar lineamientos básicos de redes inalámbricas.
2. Indicar las ventajas y limitaciones de la implementación de una red inalámbrica dentro de una empresa.
3. Mostrar la configuración y tipos de tecnologías de redes inalámbricas existentes en la actualidad.
4. Mencionar las especificaciones de la norma 802.11 de la IEEE referente a las redes inalámbricas de área local.

5. Crear un diseño de red inalámbrica para ser implementado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.
  
6. Hacer mención de las características y especificaciones del equipo que se utilizará en la solución del diseño de red inalámbrica.

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de información de los últimos tiempos ha demostrado que el ser humano está hambriento de conocimiento y que mejor forma que obtener ese conocimiento de una de las fuentes de información más grande del planeta, el Internet. Pero éste no estaría completo sin la estructura física y lógica que sostiene a esta gran fuente de información, o sea, las redes de información.

Las redes son el medio físico por medio del cual se transmite la información de un punto a otro a través de todo el mundo. Sin embargo, las necesidades de los usuarios de las redes y la urgencia de movilidad han empujado a los desarrolladores y empresas a crear un nuevo estilo de red, las redes inalámbricas. Y es por la necesidad de movilidad lo que impulsó a la creación de estas redes, en las que no se necesitan cables para conectarse a una red física que proveerá la conexión hacia la carretera de la información, es posible, entonces, crear redes inalámbricas en las que los usuarios podrán acceder a los beneficios de la red cableada actual, así como, también, de los demás dispositivos de red sin la necesidad de estar conectados, físicamente, a ellos.

La necesidad de transferir información a través del aire, sin la necesidad de conectar, físicamente, los dispositivos entre los cuales se desea enviar la información, está transformando las comunicaciones.

Esta tecnología inalámbrica y sus servicios han sido usados por más de cien años y progresó, rápidamente, como una herramienta invaluable usada por la milicia estadounidense durante la Segunda Guerra Mundial cuando se enviaban planes de batalla sobre las líneas enemigas y cuando se instruían acciones en la flota de la Marina. De este momento al actual, la tecnología inalámbrica ha avanzado de forma exponencial y son muchos los dispositivos y aplicaciones que utilizan la tecnología inalámbrica, teniendo en cuenta que las redes de datos no se han quedado atrás.

Y ahora que la necesidad de información es muy alta y los usuarios demandan movilidad, simplicidad y rapidez de implantación de una red una opción inteligente y apoyada en la última tecnología, son las redes inalámbricas que eliminan o disminuyen varios costos a la hora de desplegar una solución de red de datos. Algunos de estos costos son los de planeación y los de cableado. Pero, otro aspecto importante, es la existencia de tecnología para la comunicación de datos a diferentes distancias, teniendo redes de área personal (PANs); de área local (LANs); de área metropolitana (MANs); o de área global (WANs). De ésta manera, se cubren todas las necesidades de los usuarios y empresas.

Esta nueva solución para las redes de datos representa un avance significativo en el área de informática y la comunicación de datos. La necesidad de nuevas soluciones para usuarios más exigentes y la complejidad que, actualmente, caracterizan el diseño y despliegue de una red, han hecho de las redes inalámbricas una solución perfecta en localidades donde el cableado puede ser muy difícil o imposible.

# 1 REDES LAN INALÁMBRICAS

En este capítulo se presenta una pequeña introducción a lo que son las redes LAN inalámbricas para entender de qué se tratan, cómo funcionan y en que se diferencian de las redes cableadas. Se muestra algunas aplicaciones sobre las cuáles las redes inalámbricas tienen una mejor aceptación debido a las características de éstas y ofrecen mejores soluciones que las redes cableadas. Las áreas donde se aplican las soluciones de red inalámbrica van desde hospitales y hoteles hasta ambientes altamente dinámicos o estructuras antiguas. Las personas que están conectadas a este tipo de red también trabajan en áreas muy variadas ya sean equipos de consultoría, estudiantes universitarios, administradores de red, trabajadores de almacén.

Se presentan también los beneficios que las redes inalámbricas proporcionan sobre las redes alambradas, como son la movilidad, la flexibilidad, la escalabilidad; y las consideraciones que un cliente debe tener en cuenta a la hora de pensar en adoptar una solución de red inalámbrica, como lo sería la cobertura, el rendimiento, la seguridad, los costos, entre otras.

## 1.1 Introducción

Una Red Inalámbrica de Área Local, en adelante: WLAN o red inalámbrica, es un sistema de comunicación para transmisión de datos muy utilizado como alternativa a una LAN cableada o como una extensión de ésta.

Las redes inalámbricas utilizan tecnología de frecuencia de radio que permite una mayor movilidad de los usuarios de la red al minimizar la necesidad de conexiones cableadas. Además permiten a los usuarios acceder a información y recursos de la red sin la necesidad de estar físicamente conectada a ella.

Un usuario dentro de una red inalámbrica puede transmitir y recibir voz, datos y video dentro de edificios, entre edificios o campus universitarios e inclusive sobre áreas metropolitanas a velocidades de hasta 54 Mbps.

Actualmente la tecnología de comunicación inalámbrica se está utilizando en equipos tales como PDAs, modems, lectores de punto de venta y otros dispositivos y han adquirido importancia en mercados verticales tales como, hospitales, fábricas, bodegas, pequeños negocios y áreas académicas.

## 1.2 Historia

Los servicios inalámbricos representan una progresión en la tecnología, y quizás una nueva era en las telecomunicaciones, pero estos servicios han sido usados por más de cien años y permanece como un sinónimo de “radio”.

Cuando Guglielmo Marconi empezó a experimentar con ondas de radio (ondas Hertzianas) en 1894 su objetivo era producir y detectar ondas de radio sobre distancias grandes. En 1896, Marconi tuvo éxito y obtuvo una patente y estableció una compañía. En 1901, las señales fueron recibidas a través del Atlántico y en 1905 la primera señal de socorro inalámbrica fue enviada usando Código Morse.

La tecnología inalámbrica progresó eventualmente como una herramienta invaluable usada por la milicia estadounidense. Este tipo de tecnología fue introducido durante la Segunda Guerra Mundial cuando la Armada de los Estados Unidos empezó a enviar planes de batalla sobre las líneas enemigas y cuando los barcos de la Marina instruían a sus flotas de costa a costa.

La tecnología inalámbrica demostró ser tan valiosa como medio seguro de comunicación que muchas empresas y escuelas pensaron que podrían expandir sus arenas de computación expandiendo sus redes de área local (LAN) alambradas usando LANs inalámbricas. La primera red LAN inalámbrica llegó en 1971 cuando las tecnologías de establecimiento de red se unieron a las comunicaciones por radio en la Universidad de Hawai como un proyecto de investigación llamado ALOHNET. Y así, la tecnología inalámbrica, tal como la conocemos, empezó su viaje hacia cada casa, salón de clase y empresa alrededor del mundo.

### **1.3 Aplicaciones de las redes inalámbricas**

Las redes inalámbricas frecuentemente agrandan, en vez de reemplazar, redes LAN alambradas, proveyendo unos pocos metros de conectividad entre una red *backbone* y los usuarios móviles dentro o fuera de un edificio. Se presenta una lista de las muchas posibles aplicaciones a través del poder y flexibilidad de una red inalámbrica:

- Los doctores y enfermeras en hospitales son más productivos por que las computadoras y dispositivos manuales con capacidad para redes inalámbricas entregan información instantánea del paciente.
- Los equipos de consultoría o auditoria o grupos de trabajo pequeños incrementan la productividad con una organización rápida de las redes.

- Los administradores de red en ambientes dinámicos minimizan la sobrecarga de movimiento, agregados y cambios con las redes inalámbricas, de ahí que se reduce el costo de propiedad de una LAN.
- Los sitios de entrenamiento en las corporaciones y los estudiantes en las universidades usan la conectividad inalámbrica para facilitar el acceso a la información, intercambio de información y el aprendizaje.
- Los administradores de red que instalan computadores en red en edificios antiguos encuentran que las redes LAN inalámbricas son una solución rentable de infraestructura de red.
- Trabajadores de almacén usan las LANs inalámbricas para intercambiar información con la base de datos central e incrementar la productividad.
- Los administradores de red implementan redes inalámbricas para proveer apoyo para aplicaciones críticas corriendo sobre redes alambradas.
- Las camareras de restaurantes y representantes de alquiler de carros proveen un servicio rápido con ingreso y recuperación en tiempo real de información del cliente.

## **1.4 Beneficios de las WLANs**

Debido al crecimiento de la dependencia de los negocios a las redes de comunicación y a la necesidad de obtención de información en tiempo real, en empresas competitivas, ha hecho que el uso de Internet y de los servicios en línea tengan un crecimiento exponencial. Con las redes inalámbricas los usuarios pueden acceder a información compartida sin tener que buscar una conexión física donde conectarse, lo cual permite mayor movilidad y comodidad y los administradores de la red pueden aumentar o modificar la red sin tener que instalar o mover cables.

Es clara la alta dependencia en los negocios de las redes de comunicación. Por ello la posibilidad de compartir información sin que sea necesario buscar una conexión física permite mayor movilidad y comodidad. Las siguientes son ventajas que ofrecen las LANs inalámbricas respecto de la red tradicional alámbrica:

### **1.4.1 Movilidad**

Las redes inalámbricas pueden proveer a los usuarios de una LAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro de una organización o campus. Esta movilidad soporta y mejora oportunidades de productividad y servicio que no es posible con una red alámbrica.

### **1.4.2 Simplicidad y rapidez de instalación**

Promueve la instalación fácil y rápida de una red para ser utilizada en cualquier ubicación. Además elimina la posibilidad de tirar cable a través de paredes y techos.

### **1.4.3 Flexibilidad de instalación**

La tecnología inalámbrica le permite a la red ir donde el cable no puede ir y permite trabajar en un lugar apropiado y conveniente y no donde termina la estructura cableada.

### **1.4.4 Costo de propiedad reducido**

Mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en hardware de una LAN alambrada, la inversión en toda la instalación y el costo del ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios de costos a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren movimientos, agregados y cambios frecuentes.

### **1.4.5 Escalabilidad**

Los sistemas de WLANs pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades específicas de instalaciones y aplicaciones. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además es muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

## **1.5 Consideraciones del cliente de WLAN**

Comparada con las LANs alambradas, las LANs inalámbricas proveen flexibilidad de instalación y configuración y la libertad inherente a la movilidad de la red. Los clientes potenciales de LANs inalámbricas deben considerar algunos o todos de los siguientes asuntos:

### **1.5.1 Cobertura**

El excedente de la distancia sobre las cuales las ondas de radio frecuencia (RF), pueden comunicarse es una función del diseño del producto (incluyendo el poder transmitido y el diseño del receptor) y la dirección de propagación, especialmente en ambientes encerrados. La interacción con objetos típicos de los edificios, incluyendo paredes, metal y hasta las personas, pueden afectar como se propaga la energía, y así el rango y cobertura que un sistema particular alcanza.

Muchos sistemas LAN inalámbricos usan RF porque las ondas de radio pueden penetrar muchas paredes y superficies internas. El alcance, o radio de cobertura, para un sistema de WLAN típico varía de menos de 30 metros a más de 150 metros. La cobertura puede ser extendida, y la verdadera libertad de movilidad se da por *roaming*, proveída a través de microceldas.

### **1.5.2 Transferencia Real (o Caudal)**

La transferencia real en una LAN inalámbrica es dependiente del producto y de la configuración. Los factores que afectan la transferencia incluyen congestión por la cantidad de usuarios, factores de propagación tales como la cobertura y la multidifusión, el tipo de sistema WLAN usado, así como también de la latencia y los cuellos de botella en las porciones alambradas de la WLAN. Usuarios de LANs *Ethernet* tradicionales generalmente experimentan poca diferencia en la transferencia cuando usan una red LAN inalámbrica y pueden esperar un comportamiento similar de latencia.

### **1.5.3 Integridad y confiabilidad**

Las tecnologías de datos inalámbricas han sido probados mas de cincuenta años en aplicaciones inalámbricas en sistemas comerciales y militares. Mientras que la interferencia por radio puede causar degeneración en el rendimiento, esa interferencia es rara en el área de trabajo. Diseños robustos de tecnología probada de WLAN y la limitada distancia sobre las cuales éstas señales viajan resultan en conexiones que son mucho más robustas que una conexión de telefonía celular y proveen un funcionamiento de integridad de datos igual o mejor que una red alambrada.

### **1.5.4 Interoperabilidad con infraestructura alambrada**

Muchos sistemas de LAN inalámbricas proveen interconexiones basadas en estándares de la industria con sistemas alambrados, incluyendo *Ethernet* (802.3) y *Token Ring* (802.5). La interoperabilidad basada en estándares hace que las porciones inalámbricas de una red sean completamente transparentes al resto de la red. Los nodos LAN inalámbricos son soportados por sistemas operativos de red de la misma manera que cualquier otra LAN. Una vez instalada, el sistema operativo de red trata a los nodos inalámbricos como cualquier otro componente de red.

### **1.5.5 Interoperabilidad con infraestructura inalámbrica**

Existen muchos tipos de interoperabilidad que son posibles entre LANs inalámbricas. Esto depende de la tecnología escogida y la implementación específica del vendedor. Los productos de diferentes vendedores empleando la misma tecnología y la misma implementación típicamente permiten el intercambio de adaptadores y puntos de acceso. El fin de los estándares de la industria, tales como las especificaciones IEEE 802.11, es permitir que los productos que cumplan en interoperabilidad ganen una colaboración explícita entre vendedores.

### **1.5.6 Interferencia y coexistencia**

La naturaleza no regulada (sin licencia) de las LANs inalámbricas basadas en radio significa que otros productos que transmitan energía en el mismo espectro de frecuencia puedan proveer potencialmente algunas medida de interferencia a un sistema WLAN. Los hornos de microonda son una preocupación potencial. Otra preocupación es la de colocar en una misma localidad múltiples sistemas WLAN. Mientras las WLANs colocadas en una misma localidad de diferentes vendedores puedan interferirse entre ellas, otras coexisten sin interferencia.

### **1.5.7 Licencias**

En los Estados Unidos, La Comisión Federal de Comunicaciones (FCC), gobierna la radio-transmisión, incluida la empleada en las redes inalámbricas. Otras naciones tienen sus correspondientes agencias reguladoras. Típicamente las redes inalámbricas se diseñan para operar en porciones del espectro de radio donde el usuario final no necesita una licencia FCC para utilizar las ondas de radio. En los Estados Unidos la mayor parte de las redes difunden en una de las bandas de ISM (Banda de Instrumentación, Científica y Médica). Estas incluyen 902-928 MHz, 2.4-2.483 GHz, 5.15-5.35 GHz, y 5.725-5.875 GHz. Para poder vender productos de sistemas de LAN inalámbricos en un país en particular, el fabricante debe asegurar la certificación por la agencia encargada en ese país.

### **1.5.8 Simplicidad / Facilidad de uso**

Los usuarios necesitan muy poca nueva información para tomar ventaja sobre las LANs inalámbricas. Debido a que la naturaleza inalámbrica de la WLAN es transparente al sistema operativo de red del usuario, las aplicaciones trabajan de la misma manera a como trabajan en las LANs alambradas. Los productos de WLAN incorporan una variedad de herramientas de diagnóstico para direccionar asuntos asociados con los elementos inalámbricos del sistema; sin embargo, los productos son diseñados de tal manera que muchos usuarios raramente necesiten esas herramientas.

Las WLANs simplifican muchas de los asuntos de instalación y configuración que manejan los administradores de red. Desde que solamente los puntos de acceso de las WLANs requieren cableado, los administradores de red están libres de jalar cables para los usuarios finales de WLANs. La falta de cableado hace de las operaciones de mover, agregar y cambiar, operaciones triviales en las WLANs. Finalmente, la naturaleza transportable de las WLANs permite a los administradores de red preconfigurar y arreglar redes enteras antes de ser instaladas en ubicaciones remotas. Una vez configurado, las WLANs pueden ser movidas de un lugar a otro con poca o ninguna modificación.

### **1.5.9 Seguridad en la comunicación**

Debido a que la tecnología inalámbrica tiene raíces en las aplicaciones militares, la seguridad ha sido largamente un criterio de diseño para dispositivos inalámbricos. Las provisiones de seguridad son construidos típicamente en LANs inalámbricas, haciendo de ellos más seguros que muchas redes LAN alambradas. Es difícil para los “receptores involuntarios” escuchar el tráfico de una LAN. Técnicas de encriptación compleja hacen casi imposible a todos, excepto a los más sofisticados, a obtener acceso no autorizado al tráfico de la red. En general, los nodos individuales deben tener la seguridad activada antes que se le permita participar en el tráfico de una red, sin importar si es alambrada o inalámbrica.

Las redes inalámbricas están descritas como, un favor para los usuarios de computadoras, así como también de una pesadilla de seguridad. La seguridad inherente de las redes inalámbricas 802.11 es, en su mejor caso, débil. El estándar 802.11 provee el WEP (*Wired Equivalency Privacy*) o Privacidad Equivalente a Alambrada, la cual nunca fue diseñada para proveer un alto nivel de seguridad. Las redes inalámbricas, sin embargo, pueden ser altamente seguras usando una combinación de medidas de seguridad tradicionales, características de seguridad inalámbrica basados en estándares públicos, y características de seguridad privadas (o propietarias). En otras palabras, esto no tiene ninguna diferencia con las redes alambradas tradicionales tales como *Ethernet*, IP, etc., las cuales no traen por defecto seguridad alguna, y sin embargo pueden llegar a ser bastante seguros, con la ayuda de medidas de seguridad.

### **1.5.10 Costos**

Una implementación de una LAN inalámbrica incluye costos de infraestructura, para los Puntos de Acceso (*Access Point* - AP) inalámbricos, y los costos de usuario, para los adaptadores LAN inalámbricos. Los costos de infraestructura dependen primeramente en el número de puntos de acceso desplegados; el rango de precios en los puntos de acceso pueden variar entre \$90 y \$1,000. El número de los puntos de acceso típicamente depende en la región de cobertura requerida y/o el número y el tipo de usuarios a ser servidos. El área de cobertura es proporcional al cuadrado del rango del producto. Los adaptadores de LAN son requeridos para plataformas estándar de computadoras, y el rango de los precios varía entre \$70 y \$200.

El costo de instalar y mantener una red LAN inalámbrica generalmente es menor que el costo de instalación y mantenimiento de una red LAN cableada tradicional. Estos precios que se muestran son para finales de 2005.

### **1.5.11 Escalabilidad**

Las redes inalámbricas pueden ser diseñadas para ser extremadamente simple o realmente complejas. Las redes inalámbricas pueden soportar un gran número de nodos y/o alargar áreas físicas agregando puntos de acceso para mejorar o extender el área de cobertura.

### **1.5.12 Seguridad social**

El poder de salida de un sistema de LAN inalámbrica es muy bajo, mucho menor que aquella de los teléfonos celulares de mano. Desde que las ondas de radio disminuyen rápidamente sobre las distancias, una muy pequeña exposición a la energía de radio frecuencia es proveída para aquellos bajo el área de un sistema de LAN inalámbrica. Las LANs inalámbricas deben resolver rigurosas regulaciones del gobierno y de la industria para la seguridad. No existen efectos sobre la salud del usuario que hayan sido atribuidos a las LANs inalámbricas, hasta el momento.



## 2 CARACTERÍSTICAS DE LAS WLANS

En este capítulo se presentan algunas características o información general de las redes inalámbricas. Primero se presenta una breve descripción de las WLANs y otras soluciones para crear redes inalámbricas con el uso de otras tecnologías, dependiendo del área que se desee cubrir. Luego se presentan las dos topologías en las que se puede configurar una red inalámbrica, las cuales también dependen del área que se desee cubrir, sin embargo en el modo infraestructura se incluye otro equipo adicional para aumentar el alcance de la red inalámbrica. Se presentan también las opciones tecnológicas que utilizan las redes inalámbricas como lo es la tecnología de banda estrecha o la tecnología de espectro disperso, las cuales serán ampliadas posteriormente.

Mas adelante se presentan algunas características para determinar el alcance de la señal del equipo, el cual se basa en una serie de factores que determinan el máximo alcance que puede alcanzar la señal de la red inalámbrica. Algunos datos sobre fuentes de interferencia, *roaming*, seguridad, etc. Luego de conocer estas características podremos entonces adentrarnos en las consideraciones para el diseño de una red inalámbrica que se presentará en el siguiente capítulo.

## 2.1 WLANs y otras tecnologías inalámbricas

Las redes inalámbricas proveen toda la funcionalidad de las redes LAN alambradas, pero sin las restricciones físicas del alambre como tal. Las configuraciones de redes inalámbricas incluyen redes independientes, que ofrecen conectividad entre clientes y las redes infraestructura, que soportan totalmente la distribución de datos distribuidos. Las soluciones inalámbricas de área local punto a punto, tales como los puentes de LAN-LAN y redes de área personal (*Personal Area Networks – PANs*), pueden traslaparse con algunas aplicaciones de WLAN pero fundamentalmente se dirige a las diferentes necesidades de los usuarios. Un puente (*bridge*) LAN-LAN es una alternativa al cable que conecta las redes en dos edificios separados. Una PAN inalámbrica típicamente cubre unos cuantos metros alrededor del área de trabajo del usuario y provee la habilidad de sincronizar computadoras, transferir archivos y ganar acceso a dispositivos periféricos.

Las redes inalámbricas tampoco deberían ser confundidas con redes inalámbricas de área metropolitana (*wireless metropolitan area networks – WMANs*), paquetes de radio frecuentemente utilizados para la aplicación de la ley o aplicaciones de utilidad, o con las redes inalámbricas de área amplia (*wireless wide area networks – WWANs*), transmisión de datos en un área amplia sobre paquetes de radio o celular. Estos sistemas envuelven costosa infraestructura, proveen tasas de datos mucho menores, y requieren que los usuarios paguen por el ancho de banda en base al tiempo o el uso. En contraste, en premisa, las redes inalámbricas no requieren del pago de honorarios y proveen 100 o 1,000 veces la tasa de transmisión de datos.

### 2.1.1 Diferencias entre WLANs y otras tecnologías inalámbricas

A continuación, se presenta en la Tabla I, un resumen de las diferencias más importantes entre las redes inalámbricas y otras tecnologías inalámbricas descritas en la sección anterior.

**Tabla I.** Diferencias más importantes entre las WLANs y otras tecnologías inalámbricas

	Red Inalámbricas de Area Local (WLAN)	Puente LAN-LAN	Red Inalámbrica de Area Amplia (WWAN)	Red Inalámbrica de Area Metropolitana (WMAN)	Red Inalámbrica de Area Personal (WPAN)
<b>Area de Cobertura</b>	En edificios o campos	Edificio a Edificio	Nacional	Area metropolitana	Unos cuantos metros
<b>Función</b>	Extensión o alternativa a redes alambradas	Alternativa a conexión alambrada	Extensión de la red	Extensión de la red alambrada	Alternativa al cable
<b>Honorarios de Usuario</b>	NO	NO	SI	SI	NO
<b>Transferencia Típica</b>	1-11 Mbps, y ahora tambien a 54 Mbps	2-100 Mbps	1-32 Kbps	10-100 Kbps	0.1-4 Mbps

### 2.1.2 Tecnología Bluetooth

La tecnología *Bluetooth* es la próxima tecnología de red inalámbrica de área personal (WPAN) que ha ganado un soporte industrial significativo y que coexistirá con muchas de las soluciones LAN inalámbricas. La especificación del *Bluetooth* es una solución de radio de bajo costo de 1 Mbps que puede proveer enlaces entre teléfonos móviles, computadoras móviles y otros dispositivos de mano transportables y conectividad hacia Internet.

Esta tecnología, incluida en un amplio rango de dispositivos que pueden habilitar de manera simple una conectividad inalámbrica espontánea, es un complemento a las redes inalámbricas, las cuáles están diseñadas para proveer una conectividad continua por medio de las características y funcionalidad de las redes alambradas.

Esta tecnología comparte el mismo espectro de radio frecuencia que el 802.11b, el de los 2.4GHz, pero su rango de frecuencias está comprendido entre los 2.400 GHz y los 2.4835 GHz. La especificación de *Bluetooth* define un canal de comunicación de máximo 721 Kbps con rango óptimo de 10 centímetros a 10 metros (opcionalmente 100m). Soporta multipunto, no solamente punto y punto; esto quiere decir que puedo conectar varios periféricos en una misma red *Bluetooth*.

La elección del enlace depende de la naturaleza del tráfico. Los enlaces síncronos ofrecen una conexión bidireccional a 432 Kbps en cada sentido, lo que los hace ideales para intercambio de datos entre equipos, tal y como se haría en una red local. Los enlaces asíncronos, por su parte, ofrecen 721 Kbps en un sentido y 57.6 Kbps en el opuesto, lo que los hace más adecuados para periféricos del tipo de una impresora, que recibe una gran cantidad de datos pero envía muy pocos. Finalmente está el enlace de voz/datos, que ofrece un canal bidireccional a 64Kbps pero con la característica de ser garantizados, lo que permite la fluidez necesaria para una transmisión de audio.

La tecnología *Bluetooth* es una especificación abierta y vanguardista con la que se pueden realizar conexiones inalámbricas de corto alcance entre ordenadores personales, portátiles o de mano, asistentes personales (PDAs), teléfonos móviles, móviles con cámara, impresoras, cámaras digitales, auriculares, teclados y ratones. *Bluetooth* es un protocolo capaz de interconectar todo tipo de periféricos, orientado principalmente hacia redes locales domésticas.

#### **2.1.2.1 Modelos de uso**

Entre algunas de las aplicaciones que se pueden dar a los dispositivos *Bluetooth* se mencionan las siguientes:

**El teléfono 3-en-1:** Se ofrece la posibilidad de utilizar un mismo teléfono sin importar donde se encuentra. Puede funcionar como el teléfono en su casa, si el dispositivo está en el rango de las bases *Bluetooth* ubicadas en su casa, como teléfono celular-portátil si no se encuentra cerca de las bases de su casa, y como medio de acceso a sus contactos, números de teléfono, *e-mail*, etc.

**Conexión a internet:** El dispositivo *Bluetooth* puede conectarse con cualquier medio que esté conectado a Internet y que a la vez, posea una interfaz *Bluetooth*, para así mantenerlo siempre conectado, ya sea a través de su celular, de su conexión dial-up o a través de una red cableada a Internet.

**Dispositivo manos libres (*Hands-Free*):** El uso de este dispositivo permite acceder la información de los contactos, enviar correo electrónico y realizar llamadas sin ocupar las manos. Esta funcionalidad está controlada por voz.

**Laptop como teléfono:** Se tiene la posibilidad de utilizar el *laptop* para realizar llamadas de voz tal cuál se haría con un teléfono..

**Sincronización automática:** Constantemente, todos sus dispositivos *Bluetooth* mantienen sincronizada la información, de manera que si modifica alguna información en su *laptop*, y la misma estaba también almacenada en su PDA o en su celular, el cambio se refleje allí también.

**Escritorio inalámbrico:** *Bluetooth* ofrece la posibilidad de eliminar todos los cables (excepto los de poder) que suelen invadir los escritorios, tanto en los hogares como en las oficinas.

### 2.1.2.2 Bluetooth 2.0+EDR

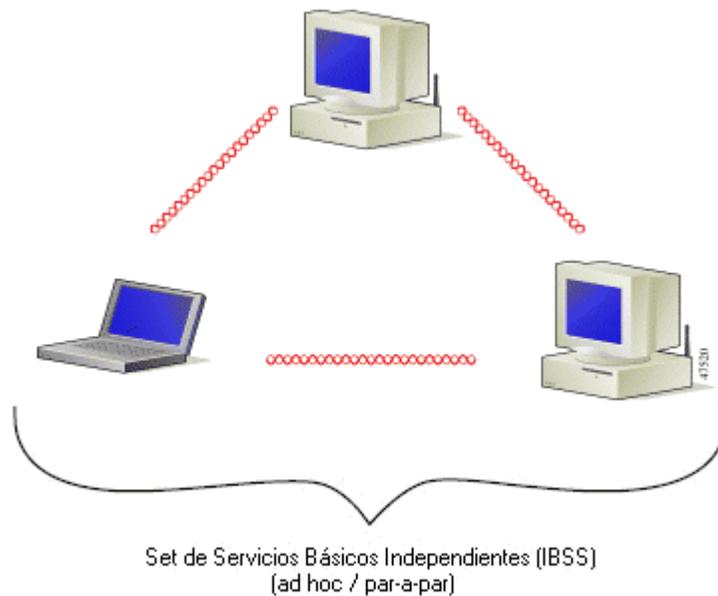
En estos momentos se está presentando una actualización a la tecnología del *Bluetooth*, la cual es *Bluetooth 2.0 + EDR (Enhanced Data Rate – Tasa de Datos Mejorada)*. *Bluetooth 2.0+EDR* es tres veces más rápido que sus predecesores con velocidad de transferencia de datos de 3 Mbps y además mantiene la compatibilidad con *Bluetooth 1.x*.

## 2.2 Topologías de redes inalámbricas

La norma 802.11 define dos tipos de modos de operación: modo *ad hoc* (par-a-par) y el modo infraestructura. En el modo *ad hoc*, la red inalámbrica es relativamente simple y consiste en tarjetas de interfaz de red (*Network Interface Cards – NICs*) del 802.11. Las computadoras en red se comunican directamente entre ellas sin el uso de un punto de acceso. En el modo infraestructura, la red inalámbrica está compuesta de uno o varios puntos de acceso y tarjetas de interfaz e red (NICs). El punto de acceso actúa como una estación base en una red 802.11 y todas las comunicaciones de todos los clientes inalámbricos pasan a través del punto de acceso. El punto de acceso también provee una gama inalámbrica incrementada, crecimiento del número de usuarios inalámbricos y seguridad de red adicional.

## 2.2.1 Ad Hoc / Par-a-Par

**Figura 1. Modo *ad hoc***

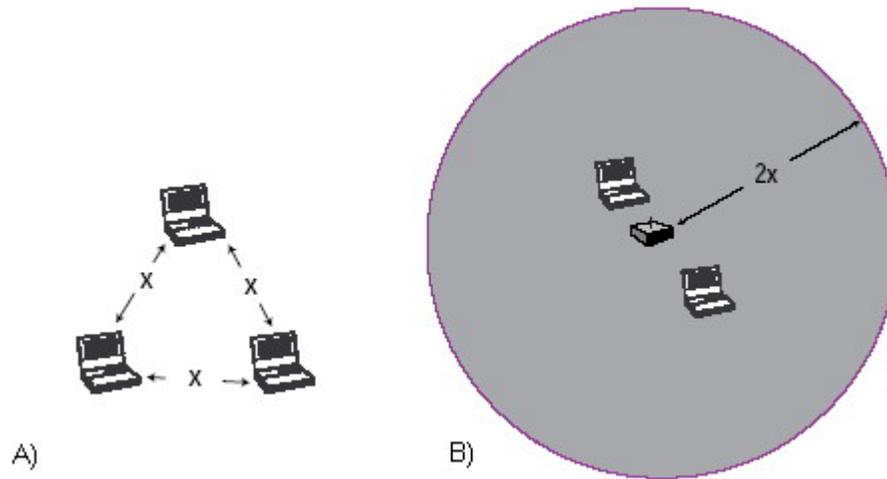


En el modo *ad hoc*, también conocido como Set de Servicios Básicos Independientes (*Independent Basic Service Set – IBSS*), modo par-a-par o modo independiente, todas las computadoras y estaciones de trabajo conectadas con una tarjeta NIC inalámbrica pueden comunicarse entre ellas por medio de ondas de radio sin la necesidad de un punto de acceso. El modo *ad hoc* es conveniente para configurar rápidamente una red inalámbrica en un cuarto de reuniones, un centro de conferencias, o cualquier lugar en donde la suficiente estructura alamburada no exista.

La norma especifica la etiqueta que cada estación debe observar para que todas ellas tengan un acceso justo a los medios de comunicación inalámbricos. Proporciona métodos de petición de arbitraje para utilizar el medio para asegurarse de que el rendimiento se maximiza para todos los usuarios del conjunto de servicios base.

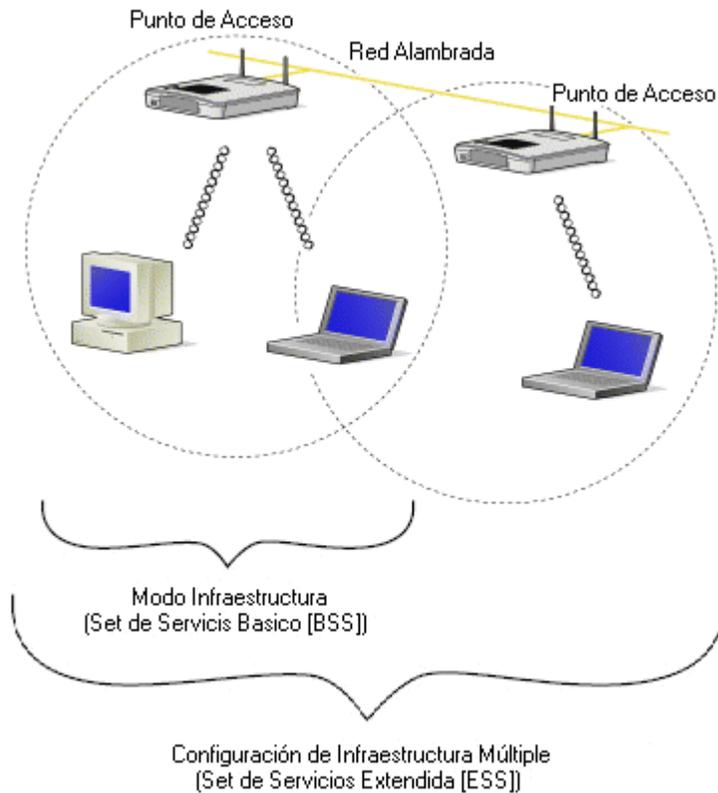
En el modo independiente se pueden tener dos tipos de configuraciones: la configuración de WLAN Independiente, en el que todas las computadoras con tecnología inalámbrica se pueden comunicar entre ellas mismas dentro de una cobertura dada; y la configuración de WLAN Independiente de Alcance Extendido (*Extended-Range Independent WLAN*), en la que el área de cobertura se duplica por la inclusión en el modelo de un Punto de Acceso (*Access Point – AP*) trabajando como un repetidor.

**Figura 2.** Configuraciones de WLAN *ad hoc*: A) WLAN Independiente B) WLAN Independiente de Alcance Extendido usando un AP como repetidor



## 2.2.2 Modo infraestructura

**Figura 3.** Set de Servicios Básico (BSS) y Set de Servicios Extendido (ESS)



En el modo infraestructura, todos los dispositivos clientes móviles e inalámbricos y computadoras se comunican con los puntos de acceso, el cual provee la conexión desde el mundo de las frecuencias de radio inalámbricas al mundo de redes LAN alámbradas. El punto de acceso ejecuta la conversión de los paquetes de 802.11 a paquetes LAN *Ethernet* 802.3. Los paquetes de datos que viajan de la red LAN a un cliente inalámbrico son convertidos por el punto de acceso en señales de radio y transmitidas hacia el medio ambiente.

Todos los clientes y dispositivos inalámbricos dentro del rango de alcance pueden recibir los paquetes, pero solamente los clientes con la dirección de destino apropiada podrán recibir y procesar los paquetes.

Una infraestructura inalámbrica básica con un solo punto de acceso es llamada un Set de Servicios Básico (*Basic Service Set – BSS*). Cuando se conecta mas de un punto de acceso a una red para formar una subred simple, es llamada un Set de Servicios Extendido (*Extended Service Set – ESS*).

El punto de acceso controla la asignación del tiempo de transmisión para todas las estaciones y permite que estaciones móviles deambulen por la columna vertebral de la red infraestructura. El punto de acceso se usa para manejar el tráfico, esta configuración permite la coordinación puntual de todas las estaciones en el área de servicios base y asegura un manejo apropiado del tráfico de datos. El punto de acceso dirige datos entre las estaciones y otras estaciones inalámbricas y/o el servidor de la red. Típicamente las WLAN controladas por un punto de acceso central proporcionará un rendimiento mucho mayor.

### **2.3 Tecnologías de transmisión de datos**

Los fabricantes de redes inalámbricas tienen un rango de tecnologías de donde pueden escoger cuando diseñan una solución de red inalámbrica. Cada tecnología viene con su propio set de ventajas y limitantes.

### **2.3.1 Tecnología de banda estrecha (*Narrowband*)**

Un sistema de radio de banda estrecha transmite y recibe información de usuario en una frecuencia de radio específica. La radio de banda estrecha mantiene la frecuencia de la señal de radio tan estrecha como sea posible justo para pasar la información. La interferencia indeseable entre los canales de comunicación es evitada por la cuidadosa coordinación de usuarios diferentes en frecuencias de canal diferentes.

Como el nombre sugiere, la tecnología de banda estrecha usa una frecuencia de radio específica, en el rango de 50 cps a 64 Kbps, para la transmisión de datos.

Una línea telefónica privada es bastante parecida a una frecuencia de radio. Cuando cada casa en el vecindario tiene su propia línea telefónica privada, las personas en un hogar no pueden oír las llamadas hechas a otros hogares. En el sistema de radio, la privacidad y la no interferencia son realizadas por el uso de frecuencias de radio separadas. El receptor de radio filtra todas las señales de radio excepto las que están en su frecuencia designada.

### **2.3.2 Espectro disperso (*Spread Spectrum* – SS)**

Muchos sistemas de redes inalámbricos usan tecnología de transmisión de datos por espectro disperso, una técnica de radio frecuencia de banda ancha desarrollado originalmente por los militares para su uso en sistemas de comunicación confiables, seguros y de misión crítica. Espectro disperso es diseñado para compensar la eficiencia del ancho de banda para confiabilidad, integridad y seguridad. En otras palabras, más ancho de banda es consumido que en el caso de transmisiones de banda estrecha, pero la compensación produce una señal que es, en efecto, más ruidosa y de esta manera más fácil de detectar, estableciendo que el receptor conoce los parámetros de la señal de espectro disperso que está siendo difundido. Si el receptor no está sintonizado en la frecuencia correcta, la señal de espectro disperso se mira como ruido de fondo. Existen dos tipos de frecuencias de radio de espectro disperso: salto de frecuencia y secuencia directa.

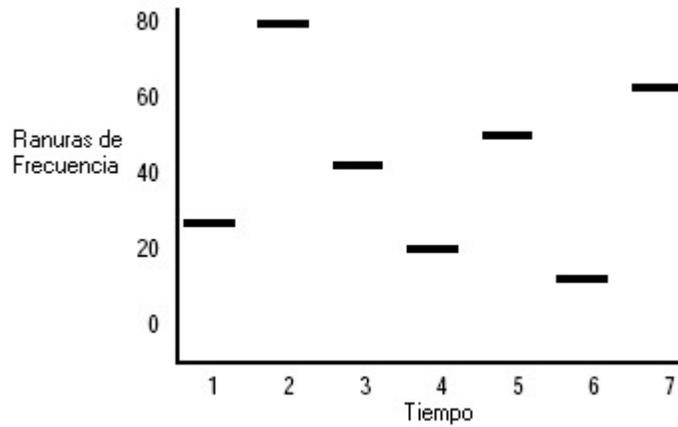
La tecnología de espectro disperso permite un mayor ancho de banda por medio de la continua alteración de la frecuencia de la señal transmitida, y así separando la transmisión a lo largo de múltiples frecuencias. El espectro disperso usa más ancho de banda que la banda estrecha, pero la transmisión es más segura, confiable y fácil de detectar.

### **2.3.3 Tecnología de espectro disperso por salto de frecuencia (FHSS)**

La tecnología de transmisión de datos por el espectro disperso por salto de frecuencia (*Frequency-hopping spread-spectrum*, FHSS) usa un portador de banda estrecha que cambia la frecuencia en un patrón conocido por ambos el transmisor y el receptor. Sincronizados apropiadamente, el efecto neto es mantener un canal lógico simple. Para un receptor no intencional, FHSS aparece como un impulso de ruido de corta duración.

Este “salto” de frecuencia puede ocurrir tan seguido como varias veces en un segundo; está constantemente en cambio de una frecuencia a otra, transmitiendo datos por un cierto período de tiempo antes de cambiar de frecuencia de nuevo. Tal como la tecnología de espectro disperso, la tecnología FHSS consume ancho de banda adicional, sin embargo, esto está sobre el curso de múltiples frecuencias portadoras.

**Figura 4.** Espectro Disperso por Salto de Frecuencia (FHSS)

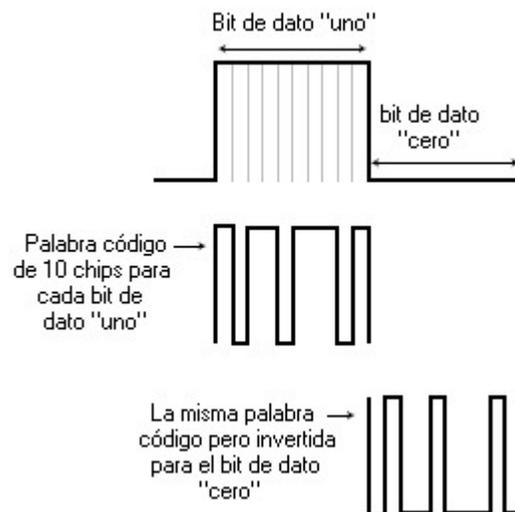


#### **2.3.4 Tecnología de espectro disperso por secuencia directa (DSSS)**

La tecnología de transmisión de datos por el espectro disperso por secuencia directa (*Direct-sequence spread-spectrum*, DSSS) genera un patrón de bit redundante para cada *bit* que será transmitido. Este patrón de *bit* es llamado un chip (o código saltador). Mientras más largo sea el chip, mayor será la probabilidad que la información original sea recuperada (y, por supuesto, un ancho de banda mayor es requerida). Aún si uno o más chips en los bits están dañados durante la transmisión, técnicas estadísticas encajadas en las señales de radio pueden recuperar los datos originales sin la necesidad de retransmisión. Para un receptor no intencionado, DSSS aparece como ruido de banda ancha de bajo poder y es rechazado (ignorado) por la mayoría de receptores de banda estrecha.

La tecnología DSSS separa la corriente de datos transmitida en piezas pequeñas a través de un canal de frecuencia. La tecnología DSSS utiliza más ancho de banda que FHSS, pero DSSS es considerada más confiable y resistente a la interferencia.

**Figura 5.** Espectro Disperso por Secuencia Directa (DSSS)



## 2.4 Asuntos de alcance

La propagación de las transmisiones de radio es influenciado por muchos factores. Paredes y pisos tienden a disminuir y reflejar la señal, y el ruido de fondo hace más difícil demodular. En un ambiente típico, todas las sombras debidas a obstáculos y reflexiones en las paredes crean una calidad de transmisión muy impredecible para cada ubicación específica.

La calidad de canal también varía bastante conforme el tiempo ya que el ambiente no es estático.

Debido a que las transmisiones de radio son afectadas por el ambiente en formas tan complejas, es muy difícil predecir el comportamiento del sistema y para definir el alcance.

Muchos vendedores tratan de definir el alcance de sus productos, el cual es la distancia máxima promedio en condiciones de operación usuales entre dos nodos (diámetro de una celda, el radio vecinal). Algunos hasta dan diferentes rangos para ambientes típicos diferentes. Por ejemplo: ambientes abiertos (sin obstáculos), semi-abiertos (cubículos) y cerrados (con paredes).

Pero no existe un estándar y un procedimiento de operación común para medir el alcance (excepto en un ambiente totalmente abierto, pero esto es inútil ya que sería una situación ideal), así que realmente no se pueden comparar diferentes productos solo por el alcance como está indicado en sus hojas de datos, y hay que tomar estos valores con un poco de precaución.

Si desea comparar estos productos en términos del rendimiento del alcance, se deben mirar de cerca los valores de poder transmitido y sensibilidad. Estas son algunas características mensurables del equipo que indican el rendimiento del producto en tal respecto. Es más, sería recomendable realizar algunas pruebas en diferentes productos en el ambiente en que desea colocar el equipo para tener una mejor idea de la cobertura que se puede esperar.

#### **2.4.1 Poder de transmisión**

El Poder de Transmisión es la fuerza de la emisión medida en Watts (o miliWatts). Hay que tener en cuenta que las regulaciones limitan este poder. Los productos que tienen un poder de transmisión alto también agotarán rápidamente las baterías. Pero, teniendo un poder de transmisión alto ayudará a emitir señales más fuertes que los dispositivos que interfieren la banda (y otros sistemas).

Teniendo un poder de transmisión más fuerte tiene algunas desventajas para la reutilización de la frecuencia. Esto significa que si se desean colocar mas redes en algunas áreas cercanas, ellas tenderán a “ensuciarse” entre ellas. Con un poder transmitido bajo se pueden hacer celdas más pequeñas. Por esta razón algunos productos permiten seleccionar poderes de transmisión diferentes.

### **2.4.2 Sensibilidad**

La sensibilidad es la medida en la señal más débil que pueda ser oída confiablemente en el canal del receptor (es capaz de oír los bits de una antena con una probabilidad de error baja). Esto indica el rendimiento del receptor, y a un valor menor, mejor el equipo (el valor absoluto será mayor).

Un problema es que todos los fabricantes y estándares usan la misma referencia para definir la sensibilidad. El 802.11 especifica la sensibilidad como el punto cuando el sistema sufre una pérdida de paquetes del 3% (de paquetes de 400 bytes en el canal Gausiano). Algunos productos usan el 50% de pérdida de paquetes como definición de sensibilidad, lo cual, por supuesto, da un mejor valor. El uso del canal Gausiano también da un mejor valor.

### **2.4.3 Atenuación**

Conociendo esos dos valores, se puede calcular la máxima atenuación posible de los paquetes (esta es la diferencia entre los dos valores, en dB). Cuanto mas grande la máxima atenuación posible, mas grande el alcance. Para sistemas de 100mW con una sensibilidad de -80 dBm, se tiene una atenuación máxima de 100 dB.

La atenuación es la disminución en el poder de la señal entre el transmisor y el receptor. En el aire, la atenuación es simplemente proporcional al cuadrado de la distancia. Si se sabe exactamente la composición del camino de la señal entre dos nodos (distancia en el aire, tipos de obstáculos, reflexiones...), se puede calcular la atenuación. Pero usualmente es muy difícil determinar la atenuación como una función de la distancia, especialmente por que la señal puede estar compuesta de múltiples caminos de propagación. Más aún, la variación en el ambiente hace que la atenuación cambie sobre el tiempo.

Debido a esta relación no directa, conocer la atenuación máxima posible no le dará el alcance máximo, sino solamente un sentido. La única cosa segura es que los productos con una atenuación máxima posible más grande tienen la posibilidad de tener un alcance más largo.

#### **2.4.4 División entre Señal/Interferencia**

En el caso de sistemas de múltiples tasas, se habla de la División entre Señal/Interferencia (*Signal to Noise ratio* – SNR). La sensibilidad es un factor enlazado directamente a la SNR mínima del receptor. La SNR define la diferencia del poder en el receptor entre una señal válida y la interferencia. Para ser capaz de decodificar satisfactoriamente la señal recibida, el receptor necesita una SNR mínima (ejemplo, una señal no muy ensuciada por la interferencia). Esta SNR mínima depende de la calidad del equipo del receptor y de la modulación escogida.

Así que el enlace entre la sensibilidad y la SNR mínima es muy obvia. Si se agrega la SNR mínima a la interferencia de fondo en el receptor (la interferencia del equipo y la interferencia de fondo en el canal), se encontrará la sensibilidad. Así que teniendo una baja sensibilidad significa también un SNR mínimo bajo, y de ahí la habilidad de recibir paquetes confiables con una fuerza de interferencia potencialmente mayor, lo cual explica por qué la sensibilidad es la característica de rendimiento más importante.

## **2.5 Uso de la frecuencia de redes LAN inalámbricas**

El estándar 802.11b define 14 canales de frecuencia para el uso con esta tecnología. Dependiendo del país en que el usuario viva y de donde se piense instalar la WLAN, existen ciertas restricciones gubernamentales para las compañías que ofrecen estos productos y los consumidores y empresas que los utilizan.

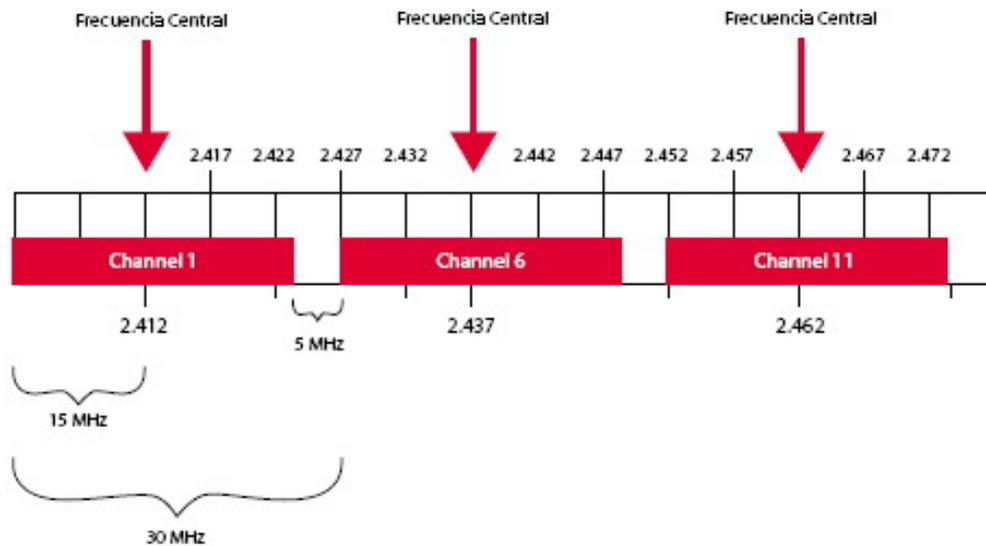
En América del Norte, la FCC (*Federal Communications Commission*) y la IC (*Industry Canada*) permiten a los fabricantes y a los usuarios el uso de los canales del 1 al 11; aprobados por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*), la mayor parte de Europa puede usar los canales del 1 al 13; mientras que en Japón, los usuarios tienen los 14 canales disponibles.

**Tabla II.** Canales y Frecuencias por región para el 802.11b

Channel	Freq. (GHz)	US FCC	Canada IC	Europe ETSI	Spain	France	Japan
1	2.412	√	√	√			√
2	2.417	√	√	√			√
3	2.422	√	√	√			√
4	2.427	√	√	√			√
5	2.432	√	√	√			√
6	2.437	√	√	√			√
7	2.442	√	√	√			√
8	2.447	√	√	√			√
9	2.452	√	√	√			√
10	2.457	√	√	√	√	√	√
11	2.462	√	√	√	√	√	√
12	2.467			√		√	√
13	2.472			√		√	√
14	2.484						√

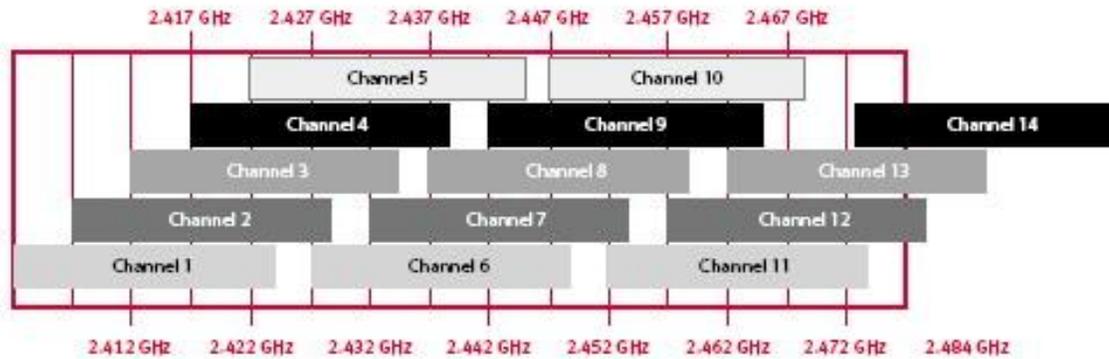
Aunque hayan 14 canales de frecuencia disponibles para uso, hay que notar que el canal de frecuencia actual indica la “frecuencia central” usada por el transmisor y el receptor para la comunicación. Una señal de radio del 802.11b consume aproximadamente 30 MHz de espectro de frecuencia, dejando unos 5 MHz de separación entre las frecuencias centrales. Esto significa que la señal se extiende unos 15 MHz fuera del centro del espectro de la frecuencia.

**Figura 6.** Ancho de banda requerida para cada canal de 802.11 (también demuestra los 5 MHz entre cada frecuencia)



Como resultado, el ancho de banda requerido para cada señal de canal se traslapa sobre varias frecuencias adyacentes. Esto deja, por ejemplo, a los usuarios de los Estados Unidos con tres canales disponibles para su uso en puntos de acceso (canales 1, 6 y 11) que están dentro del rango radial de los puntos de acceso adyacentes.

**Figura 7.** Ejemplo de frecuencias traslapadas - Ubicación de ancho de banda del 802.11b



## 2.6 Fuentes de interferencia en las WLANs

Ya que la banda de 2.4 GHz no está regulada, es posible que cualquiera la use, dentro de los límites máximos de Poder Radiado Isotrópico Efectivo (*Effective Isotropic Radiated Power* – EIRP). La interferencia de WLAN puede venir de un sin número de fuentes. Las principales fuentes son las siguientes:

- Hornos de Microondas. El magnetrón en los hornos de microondas comerciales y para el hogar operan sobre las decenas de megahertz en la banda de 2.4 a 2.483 GHz. Mientras que los hornos de microondas operan cerca de los 700 a 1000 W, el máximo poder de radiación permitido (EIRP) para los dispositivos WLAN está entre los 0.1 y 4 W. El equipo de WLAN tales como los APs no deberían estar localizados cerca de los hornos de microondas.

- Interferencia de Canales Iguales. La interferencia viene de radiaciones de celdas adyacentes en la misma frecuencia. Un examen efectivo del sitio y la planeación de las celdas de WLAN deberían minimizar el efecto en esta interferencia. Ya que las WLANs se vuelven más frecuentes, la interferencia proveniente de fuentes fuera del control de la empresa puede convertirse más que un asunto, tales como en una situación de arrendamiento múltiple (centros comerciales, bloques de apartamentos, etc.). La planeación apropiada de la celdas de la frecuencia del canal y la disposición cuidadosa del AP pueden minimizar la interferencia.
- *Bluetooth*. Es una tecnología de Red de Área Personal Inalámbrica (*Wireless Personal Area Network* - WPAN) que comparte el mismo espectro de 2.4 GHz que el 802.11b. *Bluetooth* utiliza FHSS y es una tecnología de corto alcance y bajo ancho de banda, contrario al 802.11b. Los sistemas FHSS utilizan bandas estrechas de frecuencia cambiante sobre todos los canales. Es importante administrar la operación concurrente en las WLANs 802.11b y *Bluetooth* dentro de la empresa. El Grupo de Tarea 2 del Grupo de Trabajo IEEE 802.15 está viendo por asuntos de coexistencia de las WLANs 802.11b y *Bluetooth*. Muchas compañías han investigado el problema y concluyeron que si las dos tecnologías son separadas por dos metros o más, no hay una interferencia significativa.

- Teléfonos Inalámbricos de 2.4 GHz. Algunos de los más nuevos teléfonos inalámbricos para oficina y para el hogar operan en el rango de los 2.4 GHz (DSSS y FHSS). Dependiendo de las condiciones del fabricante, la degradación hacia la WLAN puede variar desde casi imperceptible hasta una pérdida total de la asociación entre el cliente y el AP. La interferencia desde la WLAN también puede impactar en la calidad de la voz. Los usuarios están encaminados a utilizar teléfonos inalámbricos en situaciones donde deben coexistir con WLANs. Si esto no es posible, separe el AP de la estación base de teléfonos tan lejos como sea posible y realice algunas pruebas rudimentarias de degradación. Note que los teléfonos inalámbricos de DSSS son más factibles que causen degradación que los del tipo FHSS.
- Acceso Compartido a Internet. *Wireless Local Loop* (WLL) y sistemas tales como *Metricom-Ricochet* (que regresa al mercado) y *T-Mobile* también utilizan la misma banda. De esta manera ellos pueden ser fuente de interferencia. La interferencia también puede venir de otros sistemas tales como redes WLAN DSSS y FHSS vecinas.



### **3 CÓMO TRABAJAN LAS WLAN**

En este capítulo se presentan y describen los componentes con los que debe contar una red inalámbrica. Uno de los componentes básicos son las tarjetas que deben ir en las máquinas cliente que se van a conectar a la red inalámbrica. Dependiendo del tipo de cliente puede que sean tarjetas para PC, adaptadores para computadoras móviles, PC's de bolsillo, etc. Otro componente de las redes inalámbricas son los puntos de acceso que permiten el ingreso de muchos más usuarios a la red inalámbrica establecida y permiten un área de cobertura más grande para el acceso a la red.

Otros componentes son las antenas que pueden servir para conectar de manera inalámbrica varios edificios y además de los cables y conectores necesarios para hacer posible lo anteriormente descrito.

En este capítulo también se presenta la forma en que trabajan las redes inalámbricas, o sea, cómo realizan el balanceo de carga, el cambio dinámico de tarifa, como realizan el acceso al medio, como trabajan la fragmentación, la evitación de colisiones, etc. Se ve cómo es que la red inalámbrica trabaja para ofrecer a los clientes un servicio de calidad y tratando de proveer una mayor y mejor transmisión de datos. Además se presenta lo que se ha realizado para el manejo de la seguridad dentro de una red inalámbrica, identificando los puntos débiles de la configuración de la red y tratando de eliminarlos y cómo es que se trabaja en éste campo y cuáles son sus avances.

### **3.1 Componentes de una red inalámbrica**

Así como las redes cableadas tienen algunos componentes básicos para poder crear una red, las redes inalámbricas también utilizan algunos componentes que son básicos para crear una red de éste tipo. Las redes de tipo “*ad-hoc*” pueden solamente utilizar las tarjetas para máquinas cliente o pueden agregar un punto de acceso. Las redes de tipo de infraestructura entonces agregan varias máquinas cliente con tarjetas y algunos puntos de acceso. También pueden agregar antenas para realizar puentes entre dos o más edificios utilizando cables para conectar las antenas con el equipo de red inalámbrica interna del edificio.

#### **3.1.1 Adaptadores para sistemas cliente (Tarjetas)**

Cableada o inalámbrica, todas las redes utilizan adaptadores. Estos adaptadores pueden ser tarjetas para PC, dispositivos USB y módulos. El adaptador proporciona el enlace entre el ordenador y la red, y también convierte los datos a un formato que la red puede utilizar. La elección del adaptador depende del tipo de dispositivo que se utilice. Un empleado que realice numerosos desplazamientos puede necesitar adaptadores para sus ordenadores de sobremesa y portátiles, así como un PC de bolsillo, como un *Palm* o Visor.

La manera como los usuarios tienen acceso a la red inalámbrica es mediante adaptadores que se implantan como *PC Cards* en terminales portátiles, *notebooks* y computadoras de escritorio. Los adaptadores de red inalámbrica ofrecen una interfase entre el sistema operativo de la red del cliente y las ondas aéreas por medio de una antena. Desde que el *Access Point* se conecta a la red alámbrica, cada cliente tendrá acceso a recursos del servidor, así como también a otros clientes.

### **3.1.2 Pasarelas y puntos de acceso**

Estos dispositivos funcionan como conductos de datos para componentes de una red inalámbrica. Asimismo, sirven de puente entre la red inalámbrica y una red alamburada existente. La pasarela inalámbrica y los puntos de acceso inalámbrico pueden tener un puesto en el diseño de la red, según los datos exclusivos y las necesidades de red de una empresa individual.

El *Access Point* conecta a la red alamburada desde una ubicación fija usando un cableado estándar. El *Access Point* recibe, almacena y transmite datos entre la red inalámbrica y la infraestructura que usa cable dentro de la red. Puede soportar un grupo pequeño de usuarios y funcionar dentro de un rango de menos de 30 hasta varios cientos de metros. El *Access Point* (y la antena adjunta a éste) comúnmente se montan en una parte alta, pero puede colocarse en cualquier parte que garantice la cobertura de radio.

Los *Access Point* tienen un rango de alcance, en promedio de 100 mts en lugares cerrados y 200 mts al aire libre. La ubicación del *Access Point* se realiza por medio de un previo "Estudio de Propagación de Señal". El objetivo es llenar el área de cobertura con celdas que se traslapen (*overlapping*) de manera que los clientes puedan tener movilidad a lo largo del área sin perder contacto con la red. La capacidad de clientes para moverse en forma transparente entre un grupo de *access points* se le llama "*roaming*". Los *Access Points* entregan al cliente entre uno y otro, de forma no visible al cliente; con ello se asegura que no se rompa la conectividad.

Piense en ellos como un HUB de red normal; a él se conectan los equipos y es él quien reparte los paquetes. Además el punto de acceso, da conectividad a una red cableada, por lo que la red inalámbrica puede acceder a otros equipos que estuvieran en una red cableada.

- Pasarela inalámbrica: Recomendada para pequeñas empresas.
- Punto de acceso corporativo: Recomendado para despliegues masivos o exclusivos.
- Punto de acceso *Ethernet* inalámbrico: recomendado para oficinas de tamaño medio o en crecimiento.

### 3.1.3 Antenas

Entre los modelos y variantes de antenas, se pueden distinguir dos grandes familias: Las Antenas Direccionales y las antenas Omnidireccionales. Como su nombre indica, las direccionales emiten la señal hacia un punto en concreto, con mayor o menor precisión. las "Omni" por el contrario, emiten por igual en todas direcciones, en un radio de 360°, pero sólo sobre el plano perpendicular de la antena.

Dentro del grupo de antenas direccionales, tenemos las de Rejilla o *Grid*, las *Yagi*, las parabólicas, las "*Pringles*" y las de Panel. Las omnidireccionales suelen ser una simple varilla vertical, aunque tienen su tela también. Cuanta más alta sea la ganancia de la antena, mayores distancias podremos cubrir con una antena, y con mejor calidad podremos captar señales que puedan llegar muy débilmente.

### **3.1.4 Pigtail**

El *Pigtail*, o rabo de cerdo, es un pequeño cable, que sirve de adaptación entre la tarjeta y la antena o el cable que vaya hacia la antena. Este *Pigtail* tiene 2 conectores: el propietario de cada tarjeta en un extremo, y por el otro un conector N estándar en la mayoría de los casos. El *pigtail* depende del fabricante de la tarjeta, por lo que no es estándar. El uso de este cable es imprescindible para conectar una antena a la tarjeta, salvo en algunos modelos de antenas diseñadas expresamente para usar en interiores, que ya vienen con ese conector de serie.

### **3.1.5 Cables**

Son un factor crítico a la hora de montar una estación cliente o un nodo. Los cables tienen pérdidas, sólo que unos más que otros. Del cable depende que la señal llegue correctamente desde la tarjeta a la antena, y viceversa, y es recomendable usar siempre el mínimo cable posible, independientemente de que el cable sea muy bueno. Evidentemente cuanto menos cable usemos, menores pérdidas de señal habrán.

### **3.1.6 Conectores**

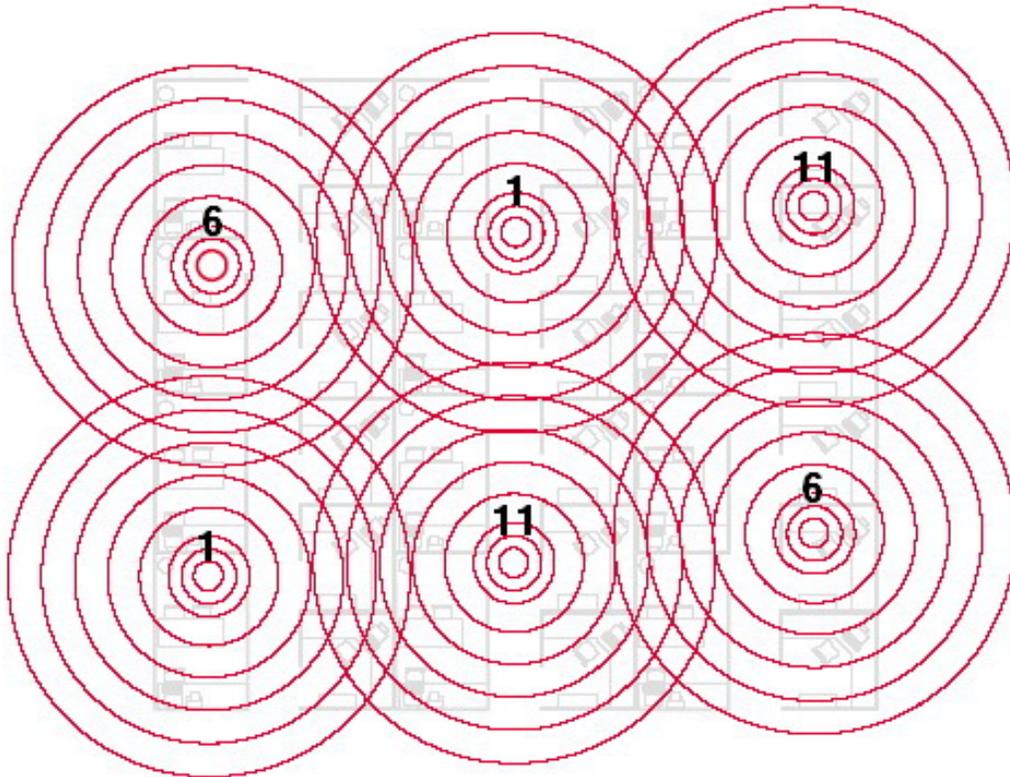
Básicamente se van a usar los conectores N para las antenas, tanto en macho como hembra. Son conectores relativamente fáciles de localizar, y de ellos depende la calidad de un buen enlace. Una mala soldadura, un conector de baja calidad, puede introducir una cantidad importante de pérdidas que hagan imposible establecer un enlace. Los conectores también tienen pérdidas, no por el conector en sí, sino por el enlace entre el cable y el conector: el estaño, mala sujeción, mala calidad de ambos, etc.

## **3.2 *Roaming***

La norma 802.11 incluye capacidades de *roaming* que permite a las computadoras cliente intercambiar entre los múltiples puntos de acceso en diferentes canales. Así, computadoras cliente con señales débiles pueden asociarse con otros puntos de acceso con una señal más fuerte. Alternamente, configurando múltiples puntos de acceso para cubrir la misma área geográfica y utilizando diferentes frecuencias no traslapadas, las cargas de red de estaciones de trabajo cliente pueden estar mejor balanceadas. Una tarjeta NIC de red inalámbrica puede decidir “reasociarse” con otro punto de acceso dentro de su rango porque la carga en su punto de acceso actual es muy alta para el rendimiento óptimo. Estas capacidades pueden tener un impacto positivo en el rendimiento total de la red.

El estándar sí identifica el formato de los mensajes básicos que soportan el *roaming*, pero todo lo demás se deja a los vendedores de redes. A fin de llenar este vacío, el Protocolo de Puntos de Inter-Acceso (*Inter-Access Point Protocol – IAPP*) fue conjuntamente desarrollado por Airones, *Lucent Technologies*, y *Digital Ocean*. Entre otras cosas, la IAPP extiende la interoperabilidad entre muchos vendedores a la función de *roaming*. Da direccionamiento de *roaming* entre un simple ESS (Set de Servicios Extendido) y entre dos o más ESSs.

**Figura 8.** Roaming sobre puntos de acceso con frecuencias no traslapadas permite un rango de cobertura virtualmente ilimitada



### **3.3 Balanceo de carga**

Las áreas congestionadas con muchos usuarios y alta carga de tráfico por unidad, pueden requerir una estructura multicelular. En una estructura así, varios AP co-ubicados “iluminan” la misma área creando un área de cobertura común que incrementa el flujo de los datos. Las estaciones que se encuentran dentro del área de cobertura común, automáticamente se asocian con el AP que se encuentre menos cargado y que por lo tanto, provee la mejor calidad de señal. Las estaciones por lo tanto, son divididas igualmente entre los AP en orden para mantener la “ecualización” de la carga entre todos los AP.

La eficiencia es máxima, debido a que todos los AP se encuentran trabajando al mismo nivel de carga de tráfico. El Balanceo de Carga (*Load Balancing*) es también conocido como Carga Compartida (*Load Sharing*).

### **3.4 Cambio dinámico de tasa (*Dynamic Rate Switching*)**

Lo que quiere decir es que la tasa de datos (*data rate*) de cada estación, es automáticamente ajustada de acuerdo a la calidad de recepción de la señal. El caudal (*throughput*) es maximizado al incrementar la tasa de datos y decrecer las retransmisiones. Esto es de gran importancia para las aplicaciones móviles en donde la señal de datos fluctúa con frecuencia, pero es de poca importancia para los enlaces fijos en exteriores debido a que la calidad de la señal en estos casos, es estable.

### **3.5 Acceso al medio (Media Access)**

Cuando varios usuarios están localizados en la misma área de cobertura, el caudal se convierte en una preocupación. Para tratar con esta preocupación, las LAN inalámbricas utilizan el CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*), que es un algoritmo con un mecanismo de “Evitación de Colisiones” ( *Collision Avoidance*, CA) en el cual, cada una de las unidades “siente” o mide el medio antes de comenzar a transmitir.

Si el medio esta libre durante varios milisegundos, la unidad puede transmitir por un periodo limitado de tiempo. Si el medio se encuentra ocupado, la unidad se detiene por un periodo de tiempo aleatorio antes de volver a “sentir” el medio. Debido a que las unidades compiten por “tiempo aire”, el protocolo debe de asegurar igualdad de oportunidades de transmisión para todas las estaciones.

### **3.6 Fragmentación (*Fragmentation*)**

La fragmentación de paquetes en fragmentos mas cortos, agrega protocolos y reduce la eficiencia cuando no se esperan errores, pero reduce en gran medida el tiempo gastado en retransmisiones si los errores se presentan con frecuencia. La no fragmentación, que trae como resultado paquetes mas grandes, agrega carga al medio y reduce la eficiencia en el caso de que existan errores y retransmisiones (*multipath*).

### **3.7 Evitación de colisiones (*Collision Avoidance*)**

Para evitar las colisiones con otras “llamadas” entrantes, cada estación transmite un mensaje corto de RTS (*Request to send*) antes del mensaje de datos. El AP envía de regreso un mensaje de CTS (*Clear to send*) con permiso para iniciar la transmisión de datos. Este mensaje incluye el tiempo que esa estación tiene para transmitir. El mensaje es recibido por todas las estaciones de la celda, dándose por notificadas de que otra unidad transmitirá durante los siguientes X milisegundos, de manera que ellas no transmitirán aún cuando el medio “parezca” encontrarse libre (esto pasa cuando la unidad transmisora se encuentra fuera de rango).

### **3.8 Canalización (*Channelization*)**

Utilizando el Espectro Disperso de Salto de Frecuencia (*Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS*), diferentes secuencias de salto son asignadas a diferentes celdas co-ubicadas. Las secuencias de salto son designadas para que varias celdas puedan trabajar simultáneamente utilizando diferentes canales de transmisión.

Debido a que las secuencias de salto y el tiempo de salto de las diferentes celdas no pueden ser sincronizados (de acuerdo a las regulaciones de la FCC, lo cual puede cambiar en diferentes países), las diferentes celdas tratarán de utilizar el mismo canal ocasionalmente. Entonces, una celda utiliza el canal mientras que la otra celda se retira y espera hasta estar en su siguiente salto. En el caso de un ambiente demasiado “ruidoso” (*multipath* e interferencia), el sistema debe saltar rápidamente. Si el enlace está calmado y limpio, es mejor saltar lentamente, reduciendo la sobrecarga e incrementando la eficiencia.

### **3.9 Direccionamiento lógico**

Los autores del estándar 802.11 permitieron para la posibilidad que el medio inalámbrico, el sistema de distribución y la infraestructura LAN alamburada pudieran todas utilizar espacios de dirección diferentes. IEEE 802.11 solo especifica el direccionamiento sobre el medio inalámbrico, pensando en la intención específica de facilitar la integración con las redes LAN *Ethernet* alamburadas IEEE 802.3. El esquema de direccionamiento de 48 bits de la IEEE 802 fue entonces adoptada para el 802.11, manteniendo de esta manera la compatibilidad en la dirección con toda la familia de estándares IEEE 802. En la mayoría de instalaciones, el sistema de distribución es una red LAN alamburada IEEE 802 y los tres espacios de direccionamiento lógico son idénticos.

### **3.10 Seguridad y WEP**

Estos días, lo mas inteligente que puede hacer cualquier administrador de redes, es preocuparse por la seguridad, entre otras cosas, debido a la atención que se le esta prestando en diferentes medios. Desafortunadamente, empleados descontentos, *hackers*, virus, espionaje industrial, y otras formas de ataque no son poco comunes en nuestras redes. De lo que se hablará en esta sección es en las amenazas a la seguridad que tiene cualquier red, y como se relacionan específicamente al aspecto de las redes inalámbricas, así como los puntos exclusivos para las redes inalámbricas, ya sea que estén integrados en la tecnología o como agregados, para poder combatir estas amenazas potenciales.

#### **3.10.1 Métodos de seguridad**

IEEE 802.11 provee seguridad por medio de dos métodos: autenticación y encriptación.

### **3.10.1.1 Autenticación**

Autenticación son los medios por los cuales una estación es verificada para tener autorización para comunicarse con una segunda estación en un área de cobertura dada. En el modo de infraestructura, de una WLAN, la autenticación es establecida entre un Punto de Acceso y cada estación.

La Autenticación puede ser de Sistema Abierto (*Open System*) o de Llave Compartida (*Shared Key*). En un Sistema Abierto, cualquier estación puede pedir autenticación. La estación que recibe la petición puede permitir autenticación a cualquier petición, o solo de aquellas estaciones de una lista de usuarios predefinida. En un sistema de Llave Compartida, solo las estaciones que posean una llave encriptada secreta pueden ser autenticadas. La autenticación por Llave Compartida está disponible solo en los sistemas que tienen la capacidad de encriptamiento opcional.

### **3.10.1.2 Encriptación**

La encriptación pretende proveer un nivel de seguridad comparable a aquella en una red LAN alamburada. La característica de Privacidad Equivalente a Alamburada (*Wired Equivalent Privacy - WEP*) es que usa el algoritmo RC4 PRNG de *RSA Data Security, Inc.*

El algoritmo WEP fue seleccionado para resolver los siguientes criterios:

- Razonablemente fuerte
- Auto-sincronizable
- Eficientemente computacional
- Exportable
- Opcional

### **3.10.2 Consideraciones para la seguridad**

La mayoría de las personas sienten seguridad cuando están utilizando una red alámbrica, pero tan pronto como los datos comienzan a viajar a través del “aire”, se preocupan. Después de todo, lo que se piensa es, la red alámbrica se encuentra dentro de sus instalaciones, y eso hace pensar que ya tiene algún elemento extra de seguridad. La verdad, es que cualquier red, incluida una red alámbrica, esta sujeta a potenciales riesgos de seguridad:

- Ataques desde dentro del grupo de usuarios de la red.
- Acceso no autorizado.
- Fuga de información hacia fuera de la compañía.

Las buenas noticias es que hay formas de combatir estas amenazas para redes tanto alámbricas como inalámbricas y, de hecho, los segmentos de redes inalámbricas incluyen algunas funciones de seguridad incluidas que tal vez no se hayan considerado.

### **3.10.3 Consideraciones de seguridad para redes inalámbricas**

Las consideraciones de seguridad impactan a toda la infraestructura de red. Si la seguridad es una preocupación, se deberán considerar soluciones y herramientas para ambos segmentos, las redes inalámbricas y las alámbricas.

De hecho, la tecnología inalámbrica por si misma, y en particular, la tecnología disponible hoy para implementaciones de LAN, ofrecen algunas características que agregan seguridad extra a las redes inalámbricas.

- La tecnología de Espectro Disperso de Salto de Frecuencia (*Frequency hopping spread spectrum - FHSS*) en si misma.
- El Identificador del Conjunto de Servicios Extendidos (*Extended Service Set Identifier – (ESS ID)*).
- Una contraseña de usuario.
- Facilidad de agregación de algún producto de encriptación de terceros.

### **3.10.3.1 La tecnología de espectro disperso (*Spread Spectrum*)**

La tecnología de espectro disperso fue introducida hace aproximadamente 50 años por los militares como una forma segura de enviar y recibir comunicaciones.

Desde el principio (y debido a su naturaleza) fue concebida para ser resistente al ruido, las interferencias, el bloqueo o la detección no autorizada. Los transmisores de espectro disperso, envían sus señales a través de un rango de frecuencias a bajo poder, en contraste con otras tecnologías (como microondas) que concentran todo su poder en una sola frecuencia. Hay varias formas de implementar la transmisión por medio de espectro disperso, las dos mas comunes, son la secuencia directa y el salto de frecuencia.

Muchos productos utilizan el salto de frecuencia como el método de transmisión de sus señales, existen diferentes frecuencias que pueden utilizar. El rango de frecuencias que están utilizando actualmente estos equipos, se encuentra en el rango de las frecuencias disponibles para la banda ISM (Industrial Científica y Médica) que va de los 2.400 – 2.483 GHz, la cual dividen en series de hasta 79 canales distintos y separados. Las transmisiones son enviadas por cada canal en lo que parece ser una secuencia aleatoria (llamada “secuencia pseudo-aleatoria”) como primero el canal 1, luego el canal 32, canal 3, canal 56, etc. Los radios cambian de frecuencia varias veces en un segundo, transmitiendo en cada canal por un periodo específico de tiempo, y luego cambiando al siguiente canal en la secuencia y así, hasta cubrir todos los canales y después volver a repetir la secuencia.

Sin conocer cuanto tiempo la señal permanecerá en un canal (llamado “*dwell time*”) y cual es el patrón de saltos, es prácticamente imposible para una estación “no asociada” el recibir y descifrar los datos.

El uso de diferentes patrones de salto, *dwell times*, y/o el número de canales, es lo que permite a más de dos redes inalámbricas independientes convivir una junto a la otra sin causarse interferencia y sin temor a que los datos de una red, puedan ser enviados a la otra.

### **3.10.3.2 Autenticación de la estación – ESS ID**

Para que cualquier estación pueda tener acceso a algún AP, primero se debe determinar si la estación pertenece a su red o a su Conjunto Extendido de Servicios ( *Extended Service Set* – ESS). El AP primero revisa si el identificador de ESS de la estación (comúnmente de 32 caracteres) concuerda con el suyo. Los que no son miembros, aún siendo el mismo fabricante y mismo modelo del AP, no podrán participar en la red y por lo tanto no podrán contar con el patrón de saltos y el *dwell time*, por lo que no podrán recibir ni enviar ningún paquete de datos.

Como medida adicional, este identificador, solo podrá ser cambiado al administrar el equipo en cuestión con privilegios de administrador y algunos fabricantes, solo permiten este cambio al estar conectados físicamente al equipo, nunca de manera remota.

Si hay la necesidad de tener dos segmentos de red separados en una sola red, como por ejemplo, un segmento para contabilidad y el resto para los demás, entonces basta con programar los ESS ID diferentes. Si la necesidad es de contar con diferentes AP en una sola zona, para cubrir un área con balanceo de carga, o para soportar el *overlapping* y permitir el *roaming*, entonces los AP se programan con el mismo ESS ID pero, con diferentes patrones de salto.

Con un ESS ID de 32 caracteres y una secuencia de salto de 3 dígitos, es posible darnos cuenta lo difícil que sería para cualquiera adivinar el ESS ID exacto y la secuencia de salto para poder obtener acceso a la LAN por medio de cualquiera de sus segmentos inalámbricos.

### **3.10.3.3 Autenticación de usuarios – Control de contraseñas**

Aunque no es específico de las LAN inalámbricas, se recomienda el uso de contraseñas de red en todas las estaciones inalámbricas. Cualquier sistema operativo cuenta con niveles de seguridad y administración de usuarios. Aquí es un poco más necesario, ya que en una red inalámbrica, es de suponerse que los usuarios se encuentran en movimiento y por lo tanto, moviendo sus equipos de una ubicación a otra, por lo que una política de contraseñas exigente agrega un nivel más de seguridad al asegurar que la estación está siendo usada por la persona que se supone debe utilizarla.

### **3.10.3.4 Encriptación de datos**

Si sus necesidades, son de mantener sus datos ultra secretos, como en el caso de las agencias militares y algunas financieras, entonces seguramente necesitaran tomar medidas extras. El último y mas alto nivel de seguridad es agregando algún producto de encriptación de datos en toda la red como un todo. Ya sea por software o por hardware, el paquete de datos, será codificado antes de ser enviado hacia la LAN. Solo las estaciones que tengan la llave de desencriptación correcta, podrá decodificar el mensaje y leer los datos.

Si la seguridad total es necesaria, entonces la encriptación de datos es la mejor solución. Algunas de estas capacidades se encuentran ya en algunos sistemas operativos.

### **3.10.3.5 Otras consideraciones de las redes inalámbricas**

Las redes inalámbricas cuentan con otras características que las hace un poco menos preocupantes en cuanto a seguridad. Por ejemplo, algunos AP, filtran el tráfico de red que no va dirigido a las estaciones inalámbricas asociadas. Esto quiere decir que la mayoría del tráfico de red nunca saldrá al “aire”. Por otro lado, los equipos inalámbricos tienen un rango de transmisión limitado, dependiendo del entorno, por lo que si alguien deseara “escuchar” algo de la señal, debiera estar relativamente cerca.

Y por último, los usuarios de servicios inalámbricos pueden estarse moviendo de un AP a otro durante una misma sesión, y en este caso, el tráfico de red nunca será transmitido utilizando el mismo patrón de saltos que antes, haciendo que el “escuchar” (*eavesdropping*) para un usuario no permitido sea prácticamente imposible.

#### **3.10.4 WEP – Wired Equivalency Privacy**

El comité de IEEE 802.11 es responsable por fijar los estándares para las redes inalámbricas y la mayoría de los productos que se encuentran en el mercado actualmente fueron diseñados y fabricados para cumplir con el estándar. Esta organización ha tocado los puntos respecto a la seguridad creando la “Privacidad de Equivalencia Alámbrica” (*Wired Equivalency Privacy* WEP). Usuarios preocupados por el acceso no autorizado se preocupan porque algún intruso no sea capaz de:

- Acceder a la red utilizando un equipo similar (o igual) al que utilizamos en nuestra LAN.
- Capturar el tráfico de red que viaja por nuestra LAN inalámbrica (*eavesdropping*).

En las redes 802.11, el acceso a los recursos de la red, esta prohibido para cualquier usuario que no conozca o no pruebe conocer las “llaves” actuales. La mayoría de las marcas ofrecen este nivel extra de seguridad agregando una contraseña de autenticación. El usuario de la estación de hardware, primero debe proporcionar las “llaves” correctas antes de que la estación de acceso al AP y a toda la red.

El *eavesdropping* es prevenido por el algoritmo de WEP en donde un generador de números aleatorios es inicializado por medio de una llave secreta. Este simple algoritmo tiene las siguientes propiedades:

- Razonablemente Fuerte. Un ataque de fuerza bruta a este algoritmo es difícil debido a que cada *frame* es mandado con un vector de inicialización el cual reinicia el PRNG para cada *frame*.
- Auto sincronización. Debido a que al igual que en cualquier LAN, las estaciones inalámbricas trabajan en un medio que puede perder la conexión por cualquier causa y los paquetes se pierden, el algoritmo de WEP resincroniza en cada mensaje que manda.

## **4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE REDES INALÁMBRICAS (WLAN) DE RADIO FRECUENCIA (RF)**

Nos centraremos ahora en algunas consideraciones de Radio Frecuencia (RF) en ambientes WLAN. En la siguiente sección se presentan:

- Indicaciones Básicas de RF
- Estándares IEEE 802.11
- Implementación del Espectro de RF
- Planeación para el despliegue de RF

En la primer parte se presentan algunas indicaciones básicas que hay que tener en cuenta al momento de diseñar una red inalámbrica, como lo son los dominios reguladores en cada país y los rangos de frecuencias permitidos para cada país, algunos factores físicos que afectan el alcance de las WLANs y la selección de canales de transmisión. Bajo la Norma IEEE 802.11 se presenta la clasificación de la norma, las actividades de los grupos, una breve descripción de las normas y las especificaciones del 802.11.

Luego se presenta las tecnologías de RF que se implementan en las normas IEEE 802.11a y 802.11b y la selección de canales para cada estándar y por último se presentan los requerimientos que se tienen que tener en cuenta para poder planear el despliegue de una solución de RF. Los requerimientos pueden ser de tasa de datos, densidad de cliente y transferencia real (o caudal), la cobertura, políticas de seguridad y el ambiente en el que se desea implementar la solución.

#### **4.1 Indicaciones básicas de RF**

En la siguiente sección se provee un resumen de regulaciones y consideraciones específicas a la implementación de RF. Se presentan las siguientes secciones:

- Dominios Reguladores y Rangos de Frecuencias de Operación
- Factores que afectan la cobertura de las WLAN
- Selección de Canal

#### **4.1.1 Dominios reguladores y rangos de frecuencias de operación**

Los dispositivos que operan en las bandas no reguladas, no requieren un proceso de licenciamiento formal, pero la operación en estas bandas obliga a los usuarios a seguir regulaciones. Los cuerpos gubernamentales de diferentes partes del mundo regulan estas bandas. Los dispositivos de WLAN deben cumplir con las especificaciones del dominio regulador gobernante. Las agencias reguladoras establecen los requerimientos de emisión para que las redes inalámbricas puedan minimizar el monto de interferencia que la radio puede generar o recibir de otra en la misma proximidad. Los requerimientos reguladores no afectan la interoperabilidad de los productos que cumplen con IEEE 802.11b y 802.11a. Es responsabilidad del vendedor hacer certificar al producto por el cuerpo regulador correspondiente.

**Tabla III.** Dominios Reguladores

<b>Dominio Regulador</b>	<b>Área Geográfica</b>
Americas o FCC (United States Federal Communication Commission)	Norte, Sur y Centro América, Australia y Nueva Zelanda, varias partes de Asia y Oceanía
Europa o ETSI ( <i>European Telecommunications Standards Institute</i> )	Europa (países de la Unión Europea o no), Medio Oriente, África, varias partes de Asia y Oceanía
Japón (MKK)	Japón
China	República Popular de China
Israel	Israel
Singapur	Singapur
Taiwan	República de China (Taiwan)

Los principales dominios reguladores son la FCC, ETSI y MKK. Los dominios reguladores para los 5 GHz varía ampliamente de país en país.

**Tabla IV.** Rango de Frecuencias de Operación para 802.11b

<b>Límite Inferior</b>	<b>Límite Superior</b>	<b>Rango Regulador</b>	<b>Ubicación</b>
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400 to 2.4835 GHz	Norte América
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400 to 2.4835 GHz	Europa
2.473 GHz	2.495 GHz	2.471 to 2.497 GHz	Japón
2.447 GHz	2.473 GHz	2.445 to 2.475 GHz	España
2.448 GHz	2.482 GHz	2.4465 to 2.4835 GHz	Francia

**Tabla V.** Bandas de Frecuencias y Números de Canal para 802.11a de la FCC

<b>Dominio Regulador</b>	<b>Banda de Frecuencia</b>	<b>Numero de Canal</b>	<b>Frecuencias Centrales</b>
USA	U-NII banda baja (5.15 a 5.25 GHz)	36	5.180 GHz
		40	5.200 GHz
		44	5.220 GHz
		48	5.240 GHz
USA	U-NII banda media (5.25 a 5.35 GHz)	52	5.260 GHz
		56	5.280 GHz
		60	5.300 GHz
		64	5.320 GHz
USA	U-NII banda media (5.725 a 5.825 GHz)	149	5.745 GHz
		153	5.765 GHz
		157	5.785 GHz
		161	5.805 GHz

**Tabla VI.** Frecuencias de Bandas y Números de Canal Adicionales para 802.11a en Otros Dominios Reguladores

Dominio Regulador	Banda de Frec	Numero de Canal	Frec Centrales
Japón	U-NII banda baja	34	5.170
		38	5.190
		42	5.210
		46	5.230
Singapur	U-NII banda baja	36	5.180
		40	5.200
		44	5.220
		48	5.240
Taiwan		52	5260
		56	5280
		60	5300
		64	5320
EMEA 1 Australia Nueva Zelanda	Igual que en USA	Igual que en USA	Igual que en USA
EMEA 2	U-NII banda baja	36	5.180
		40	5.200
		44	5.220

Cada una de las bandas presentadas en la Tabla VI está intencionada para varios usos. La banda UNII-3 está intencionada para puenteo inalámbrico de larga distancia de punto-a-punto y punto-a-multipunto y debería ser utilizado solo en exteriores.

### **4.1.2 Factores que afectan la cobertura de las WLAN**

Un número de factores pueden afectar la cobertura, o alcance, de las WLAN como se muestra a continuación:

- Tasa de Datos seleccionada (*Data Rate*)
- Nivel de Poder (*Power Level*)
- Elección de Antena (unidireccional, bipolar, omni-direccional)

Para una transmisión de datos seleccionada, el diseñador de WLAN puede alterar el nivel de poder y/o seleccionar el uso de una antena diferente para cambiar el área de cobertura y/o la forma de cobertura.

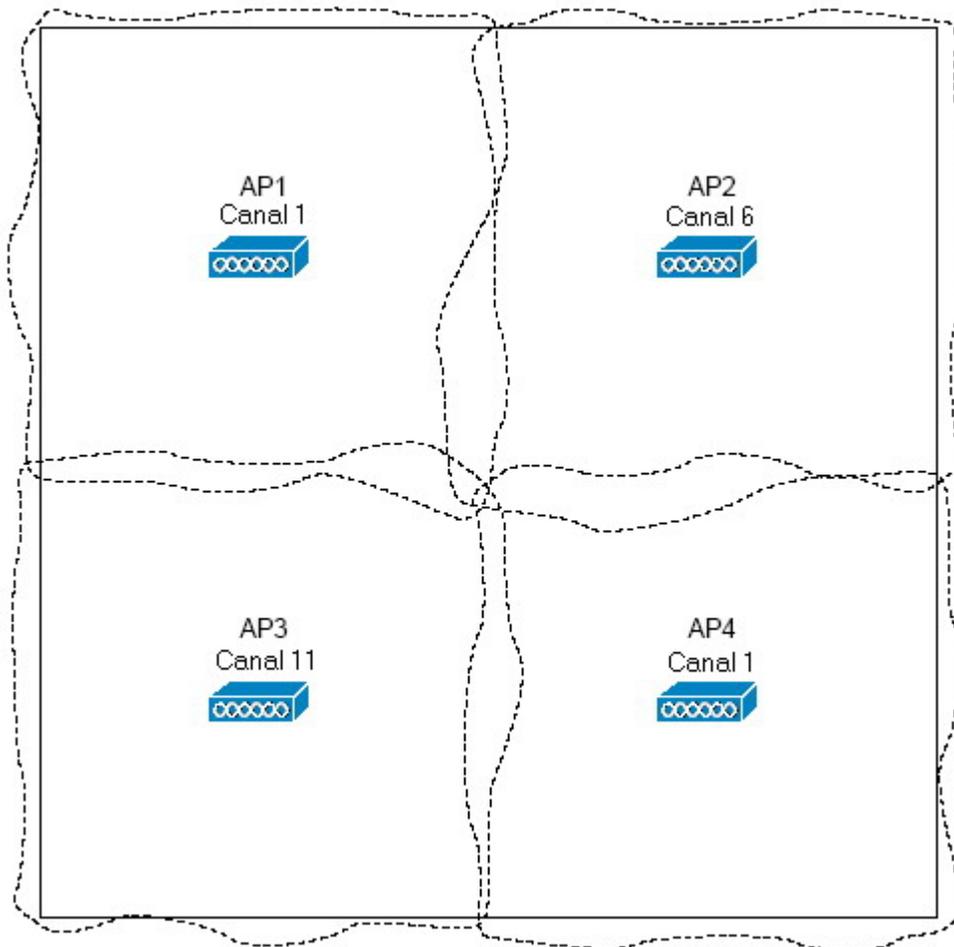
### **4.1.3 Selección de canal**

La selección del canal depende en las frecuencias que están permitidas para una región en particular. Por ejemplo, el sistema de canales de 2.4GHz ETSI y Norte América, permite la colocación de tres canales no traslapados – 1, 6 y 11 – mientras que el sistema de canales de 5GHz permite doce canales.

Los canales deberían estar colocados en las celdas de cobertura de la siguiente forma:

- Las celdas traslapadas deberían utilizar canales no traslapados.
- Donde los canales deban ser usados en múltiples celdas, esas celdas deberían tener el mínimo de traslape sobre las otras. Ver Figura 9.

**Figura 9.** Traslape entre celdas de Puntos de Acceso



Un examen del lugar debería ser conducido usando el mismo plan de frecuencia según lo previsto para el despliegue real. Esto facilita un estimado más exacto de cómo un canal en particular en un lugar en particular reaccionará a la interferencia y a la multidifusión.

La selección del canal también ayuda en la planeación de los canales adyacentes y las interferencias de canal adyacentes y provee información acerca de dónde puede reutilizarse una frecuencia.

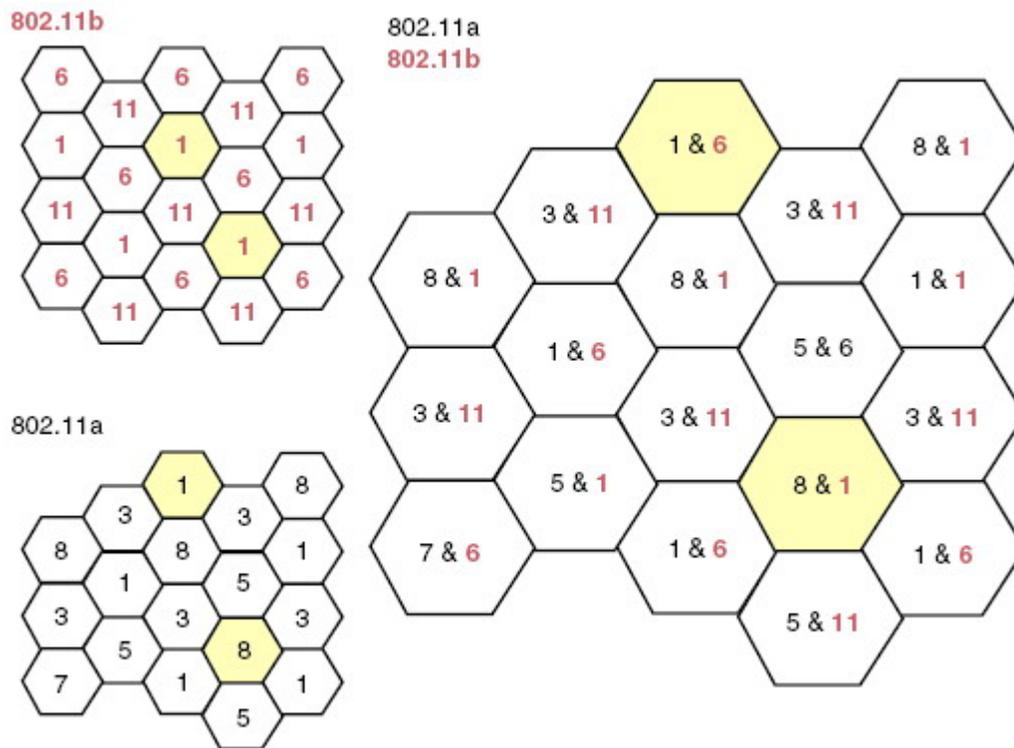
En un edificio con varios niveles, chequear el traslape de celdas entre pisos de acuerdo a estas reglas o líneas guía. Alguna reexaminación y recolocación de los AP podría ser requerida en algunos casos. En algunas estructuras de varios niveles (tales como torres de oficinas, hospitales y edificios de clases universitarios) introducen una tercera dimensión para la planeación de cobertura. La forma de onda de 2.4GHz del 802.11b y del 8011.g puede pasar a través de pisos y techos así como de paredes. La forma de onda del 802.11a también puede pasar sobre pisos y techos así como también sobre paredes, pero en un menor grado dado a la altura de la frecuencia. Con redes Wi-Fi (802.11b) de 2.4GHz en particular, no solamente se deberán evitar los traslapes de celdas en el mismo piso, pero también en pisos adyacentes. Con solamente tres canales, esto puede ser logrado a través de una cuidadosa planeación tridimensional.

Algunos AP de algunos vendedores (como los AP de Cisco) pueden ser configurados para que automáticamente busquen el mejor canal al encenderse.

Después de hacer el análisis, pruebe nuevamente el sitio usando los canales seleccionados y busque cualquier interferencia.

Es posible implementar un esquema de despliegue de banda doble como se muestra en la Figura 10. Sin embargo, esto requiere una planeación cuidadosa y la implementación de equipo especializado. En el siguiente capítulo se mostrarán algunas consideraciones a tomar en cuenta al momento de desplegar una red inalámbrica de doble banda, como son las similitudes y diferencias entre las tecnologías, tasa de datos, caudal, etc.

**Figura 10.** Diagrama de Despliegue de Doble Banda



## 4.2 Norma IEEE 802.11

El Comité de Estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), formó el Grupo de Trabajo (*Work Group* - WG) de Normas 802.11, de Redes LAN Inalámbricas en 1990. El Grupo de Trabajo 802.11 asumió la tarea de desarrollar una norma global para equipos de radio y redes que operaban en la banda de frecuencia no regulada de 2.4GHz, para tasas de datos de 1 y 2 Mbps. El Grupo de Trabajo 802.11 completó el trabajo en 1997. Posteriormente se realizó una actualización, en 1999, y ahora es la norma actual (Norma IEEE 802.11-1999). De ahí hasta ahora se han realizado varias enmiendas a la norma actual en 2001, 2003 y 2004. La norma no especifica tecnologías ni aplicaciones, sino simplemente las especificaciones para la Capa Física (PHY) y la Capa de Control de Acceso al Medio (MAC). La norma permite a los fabricantes de equipos inalámbricos de radio construir equipos ínter operables de red.

Los socios del comité son individuos de varias compañías y universidades que investigan, fabrican, instalan y utilizan productos en aplicaciones de redes LAN inalámbricas. Fabricantes de semiconductores, computadoras, equipos de radio, proveedores de soluciones de sistemas WLAN, laboratorios universitarios de investigación y usuarios finales constituyen el grueso del grupo.

El IEEE maneja la mayoría de las normas para LAN cableadas. Representa un hito importante en sistemas WLAN desde que los clientes pueden tener ahora múltiples fuentes para los componentes de sus sistemas WLAN. Hay todavía aplicaciones donde las comunicaciones de los datos propios existentes son muy adecuadas, porque ellos pueden perfeccionar algún aspecto de la actuación de la red. Sin embargo, los acomodables productos del 802.11 extienden las opciones de los usuarios.

La finalización de IEEE 802.11 en 1997 puso en movimiento el desarrollo del establecimiento de una red LAN inalámbrica basada en el estándar. El estándar de 1997 especificó un ancho de banda de 2 Mbps, con retraso a 1 Mbps en ambientes (ruidosos) hostiles con la tecnología de transmisión *Direct Sequence Spread Spectrum* (DSSS); y la *Frequency Hopping Spread Spectrum* (FHSS) con la operación posible de 2 Mbps en ambientes (silenciosos) amistosos. Ambos métodos funcionan en la banda no regulada de 2.4GHz. Lo que se sabe menos sobre IEEE 802.11 es que también define un medio infrarrojo de la banda base, además de las especificaciones de radio de DSSS y de FHSS, aunque su utilidad parece algo limitada.

#### **4.2.1 Clasificación de la norma 802.11**

La norma IEEE 802.11 está clasificada bajo:

- Tecnologías de Información
  - Telecomunicaciones e intercambio de información entre sistemas
    - Redes de área local y metropolitana
      - Parte 11: Redes Inalámbricas de área local
        - (Requerimientos Específicos)

#### **4.2.2 Actividades de los grupos de tareas del 802.11**

IEEE 802.11b se refiere al Grupo de Tarea b (*Task Group b* - TGb) dentro del Grupo de Trabajo (WG) 802.11. IEEE 802.11b se convirtió en un estándar de la IEEE en Septiembre de 1999, y luego las transmisiones de datos a mayor velocidad de 5.5 Mbps y 11 Mbps fueron introducidas en el estándar usando DSSS y operando en la banda de los 2.4 GHz. 802.11b define un rendimiento de radio mayor y una interoperabilidad entre vendedores. La siguiente tabla resume algunas de las iniciativas de los grupos de tarea.

**Tabla VII.** Actividades de los Grupos de Tarea del IEEE 802.11

<b>Grupo de Tarea</b>	<b>Proyecto</b>	<b>Estatus</b>
MAC	Desarrolla una capa MAC común para WLANs conjuntamente con un Grupo de Tarea de la entidad de la capa física (PHY).	Completado IEEE 802.11 1997-1999
PHY	Desarrolla tres capas PHYs para las WLAN – Infrarrojo, 2.4 GHz FHSS, 2.4 GHz DSSS.	Completado IEEE 802.11 1997-1999
A	Desarrolla una PHY para la banda UNII de 5 GHz, con modulación OFDM.	Completado IEEE 802.11a 1999
B	Desarrolla una transferencia mayor para la capa PHY en la banda de 2.4 GHz, con modulación DSSS.	Completado IEEE 802.11b 1999
C	Cubre la operación de puentes con las MACs de 802.11 ( <i>spanning tree</i> ).	Completado (IEEE 802.1D)
D	Define los requerimientos de la capa física para extender la operación de 802.11 en otros dominios reguladores ( <i>Roaming</i> ).	Completado IEEE 802.11d 2001
E	Mejora la MAC del 802.11 para soportar Calidad de Servicio ( <i>Quality of Service – QoS</i> ), proveer tipos de servicio y mejorar la seguridad y mecanismos de	Activo

	autenticación.	
F	Desarrolla recomendaciones prácticas para el Protocolo de Punto de Inter-Acceso ( <i>Inter-Access Point Protocol</i> – IAPP) para alcanzar la interoperabilidad de Access Point de múltiples vendedores.	Completado IEEE 802.11b 2003
g	Desarrolla una extensión a la capa PHY de alta velocidad para la 802.11b (54 Mbps), con modulación OFDM y DSSS.	Completado IEEE 802.11b 2003
H	Mejora la MAC de 802.11 y la selección de Frecuencia Dinámica PHY y control dinámico del Poder de Transmisión.	Completado IEEE 802.11b 2003
I	Mejora la seguridad de MAC 802.11 y los mecanismos de autenticación.	Completado IEEE 802.11b 2004
N	Investiga la posibilidad de mejoras al estándar 802.11 para proveer una alta tasa de transferencia (>100 Mbps).	Activo

La lista de los Grupos de Tareas es mas grande, pero los que de algunas manera nos puedan interesar en éste estudio son los que están presentados. La lista anterior de los Grupos de Tareas y el Estatus de cada uno es hasta Octubre de 2005. Una actualización de los Grupos de Tareas y su Estatus se puede encontrar en la página <http://www.ieee802.org/11/> , sobre el menú horizontal superior “**WG Info**” y luego el submenú “**802.11 QuickGuide**”. Entre los Grupos de Tareas actuales se encuentran: MAC, PHY, a, b, b-Cor1, c, d, e, F, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, T, u, v, x; y varios Grupos de Estudio y Comités de Estándares.

El IEEE ratificó el estándar 802.11a en 1999, pero los primeros productos compatibles con el estándar 802.11a no empezaron a aparecer en el mercado sino hasta Diciembre del 2001. El estándar 802.11a entrega una transferencia de datos máxima de 54 Mbps y ocho canales de frecuencia no traslapadas, resultando en una capacidad de red incrementada, una escalabilidad mejorada, y la habilidad de crear despliegues microcelulares sin la interferencia de celdas adyacentes.

Operando en la porción no regulada de la banda de radio de los 5 GHz, 802.11a es también inmune a la interferencia de dispositivos que operan en la banda de los 2.4 GHz, tales como hornos de microondas, teléfonos inalámbricos, y a *Bluetooth* (un estándar inalámbrico para redes de área personal de corto alcance, baja velocidad y punto a punto). El estándar 802.11a no es compatible con los existentes dispositivos inalámbricos compatibles con el estándar 802.11b. El equipo de 2.4 GHz y 5 GHz pueden operar en el mismo ambiente físico sin interferencia.

IEEE 802.11g es un estándar de alto rendimiento y puede entregar la misma transferencia de datos máxima de 54 Mbps del 802.11a, pero opera en la misma banda de 2.4 GHz que el 802.11b.

Seleccionar entre éstas tecnologías no es una compensación uno a uno. Existen tecnologías complementarias y coexistirán en futuros ambientes de empresa. Los implementadores deberán ser capaces de hacer una opción educada entre el despliegue de redes solo de 2.4 GHz, redes solo de 5 GHz, o una combinación de ambas. Las organizaciones con redes existentes de 802.11b no pueden simplemente desplegar una nueva red 802.11a en los puntos de acceso de 5 GHz, y esperar tener un área de cobertura similar con una transferencia de datos a 54 Mbps de 802.11a en comparación con la transferencia de datos de 11 Mbps con los puntos de acceso de 802.11b. Las características técnicas de ambas bandas simplemente no permite este tipo de intercambio de cobertura.

### **4.2.3 Breve descripción de las normas de WLAN**

#### **4.2.3.1 Normas aprobadas**

- **Norma IEEE 802.11:** Norma para las operaciones de WLAN a velocidades hasta 2 Mbps en la banda ISM (Industrial, Científica y Médica, por sus siglas en inglés) de 2.4 GHz. Aprobada en Julio de 1997.

- **Norma IEEE 802.11a:** Norma para las operaciones de WLAN a velocidades de hasta 54 Mbps en la banda UNII (Infraestructura de Información Nacional no Licenciada) de 5 GHz. Aprobada en Septiembre de 1999. Los productos de usuario final empezaron a venderse a comienzos del 2002.
- **Norma IEEE 802.11b:** Norma para las operaciones de WLAN a velocidades de hasta 11 Mbps en la banda ISM (Industrial, Científica y Médica) de 2.4 GHz. Aprobada en Septiembre de 1999. Los productos de usuario final empezaron a venderse a comienzos del 2000.
- **Norma IEEE 802.11F:** Desarrolla prácticas recomendadas para el Protocolo de Punto de Vista de Inter-Acceso (IAPP) el cual provee las capacidades necesarias para alcanzar interoperabilidad de punto de acceso de multi-vendedor a través de un Sistema de Distribución que soporte enlaces LAN inalámbricos 802.11. Aprobada en 2003.
- **Norma IEEE 802.11g:** Extensión de alta velocidad para el 802.11b permitiendo que la transferencia de datos llegue hasta 54 Mbps en la banda ISM de 2.4 GHz. Aprobada en 2003.
- **Norma IEEE 802.11h:** Mejora la norma 802.11 de Control de Acceso al Medio (MAC) y Capa Física (PHY) de Alta Velocidad en la banda de 5 GHz. Su objetivo es hacer que los productos IEEE 802.11ah cumplan con los requerimientos reguladores Europeos. Aprobada en 2003.

- **Norma IEEE 802.11i:** Mejora la norma 802.11 de Control de Acceso al Medio (MAC) para mejorar la seguridad y los mecanismos de autenticación. Aprobada en 2004.
- **Norma IEEE 802.15.1 (TG1):** Norma de red de área personal inalámbrica (WPAN) basada en la especificación *Bluetooth v1.1 Foundation Specifications*, operando en la banda ISM a 2.4 GHz. Aprobado en Abril del 2002.
- **Norma IEEE 802.15.3 (TG3):** Bosquejo y publicación de una nueva norma de alta velocidad (20Mbps o más) para redes de área personal inalámbricas (WPANs). Estado Aprobado.
- **Norma IEEE 802.15.4 (TG4):** Investiga una solución WPAN de baja velocidad de transferencia con un tiempo de vida de batería de varios meses a varios años y de muy baja complejidad. Aprobado en Mayo del 2003. Sin embargo, se autocolocó en estado de Hibernación en Marzo del 2004 luego de crear el Grupo de Trabajo TG4b para escribir una revisión para mejoras específicas y clarificaciones en el Estándar 802.15.4-2003.

#### 4.2.3.2 Normas en etapa de desarrollo

Las siguientes son normas que están todavía en la etapa de desarrollo, por ejemplo, en el estado de Grupo de Tarea (TG).

- **Grupo de tarea IEEE 802.11e:** Realza el Control de Acceso al Medio (MAC) del 802.11 para mejorar y administrar el Servicio de Calidad (QoS), provee clases de servicio, y seguridad mejorada y mecanismos de autenticación. Estos realces pueden proveer la calidad requerida para servicios tales como telefonía IP y ráfagas de video. Estado Activo.
- **Grupo de tarea IEEE 802.11n:** El propósito del proyecto es mejorar la experiencia del usuario en las redes de área local inalámbricas 802.11 por medio del abastecimiento una tasa de transferencia significativamente más alta para las aplicaciones actuales y para habilitar nuevas aplicaciones y segmentos de mercado. Estado Activo.
- **Grupo de tarea IEEE 802.15 TG2:** Desarrolla prácticas recomendadas para facilitar la coexistencia de las redes de área personal inalámbricas (802.15) y las redes de área local inalámbricas (802.11). El grupo desarrolló un Modelo de Coexistencia para cuantificar la interferencia mutua entre la WLAN y la WPAN. El estado del Grupo de Tarea es de Hibernación hasta nuevo aviso.

#### **4.2.4 Especificaciones del 802.11**

Las especificaciones del 802.11 fueron desarrolladas específicamente para las Redes Inalámbricas de Área Local (WLAN) por la IEEE e incluye cuatro subconjuntos de estándares basados en el protocolo *Ethernet*, estos son: el 802.11, 802.11a, 802.11b y 802.11g.

##### **4.2.4.1 802.11**

El 802.11 opera en el rango de los 2.4 GHz y fue la especificación original del estándar IEEE 802.11. Esta especificación entregaba de 1 a 2 Mbps usando una tecnología conocida como modulación de fase de cambio de llave (*Phase-Shift Keying* – PSK). Esta especificación ya no es usada y ha sido reemplazada ampliamente por otras formas del estándar 802.11.

##### **4.2.4.2 802.11a**

El 802.11a opera en el rango de los 5 GHz con tasas de datos comúnmente en el rango de los 6 Mbps, 12 Mbps, o 24 Mbps. Ya que el 802.11a usa la tecnología de transmisión de Multiplexación por la División de la Frecuencia Ortogonal (OFDM), las tasas de transferencia de datos pueden ser tan altas como 54 Mbps.

OFDM separa rápidamente señales de información serial en muchas subseñales mas lentas que son transferidas en el mismo tiempo por diferentes frecuencias, proveyendo más resistencia a las interferencias de frecuencia de radio. La especificación 802.11a es también conocida como Wi-Fi5, y aunque es desplegado regionalmente, todavía no es un estándar global como el 802.11b.

#### **4.2.4.3 802.11b**

El estándar 802.11b, también conocido como “Wi-Fi”, opera en el rango de los 2.4 GHz con tasas de datos de hasta 11 Mbps y es compatible hacia atrás con el estándar 802.11. El 802.11b utiliza la tecnología conocida como modulación por Llave de Código Complementario (CCK – *Complementary Code Key*), el cual permite tasas de datos mayores con un menor chance de interferencia por propagación de múltiples caminos (señales duplicadas rebotando en las paredes).

#### 4.2.4.4 802.11b+ (22 Mbps)

Aunque realmente no es una especificación de la Norma IEEE 802.11, esta modificación trae consigo algunas mejoras. Recientes desarrollos al 802.11b han visto numerosas mejoras a este bien establecido y ampliamente desplegado estándar. Nuevos equipos han sido desarrollados para soportar la Codificación Convolutiva Binaria de Paquete (*Packet Binary Convolutional Coding* – PBCC) adicionalmente a la modulación CCK. Esto no solamente incrementa el rendimiento pero también mantiene completa compatibilidad 802.11b con productos de 11 Mbps y 22 Mbps.

Los beneficios totales incluyen:

- Hasta el doble de tasa de datos de los productos convencionales de 11 Mbps del estándar 802.11b.
- Una mayor cobertura de WLAN: hasta un 70% mayor que los productos de 11 Mbps del 802.11b.
- Completa interoperabilidad con todos los productos de 802.11b: trabajan con 802.11b de 11 Mbps, 802.11b de 22 Mbps y del 802.11g.
- Seguridad Mejorada sobre el estándar 802.11b: Encriptación WEP de 256 bits y autenticación por dirección MAC.

#### 4.2.4.5 802.11g

802.11g es el estándar de la IEEE 802.11 más reciente y opera en el rango de los 2.4 GHz con tasas de datos tan altas como 54 Mbps sobre una distancia limitada. También es compatible hacia atrás con 802.11b y trabaja con productos de red inalámbrica de 11 Mbps (y dependiendo del fabricante, a 22 Mbps). 802.11g ofrece las mejores características del 802.11a y el 802.11b, y entre las características obtenidas del 802.11a está la tecnología de transmisión por OFDM, explicada anteriormente.

Los cuatro estándares (802.11, a, b y g) están basados en el protocolo de *Ethernet* CSMA/CD para compartir caminos. La contribución más significativa de la especificación 802.11 es que permite la interoperabilidad entre equipos de diferentes vendedores. Gracias a la Alianza de Compatibilidad de *Ethernet* Inalámbrica (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance* – WECA), el equipo del estándar 802.11 trabajará conjuntamente, sin importar el fabricante.

### 4.3 Implementación del espectro de RF

En los Estados Unidos, tres bandas están identificadas como no reguladas (o sin licencia) y conocidas como la banda ISM (*Industrial, Scientific and Medical* – Industrial, Científica y Médica). La banda ISM se divide como se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla VIII. Bandas ISM**

<b>Banda</b>	<b>Rango</b>	<b>Comentarios</b>
900 MHz	902 a 928 MHz	
2.4 GHz	2.4 a 2.4835 GHz	IEEE 802.11, 802.11b y 802.11g
5 GHz	5.15 a 5.35 GHz y 5.725 a 5.825 GHz	IEEE 802.11a. Esta banda también es conocida como la banda UNII.

Cada rango tiene diferentes características. Las frecuencias bajas exhiben un mejor alcance, pero con ancho de banda limitado y por lo tanto menores velocidades de transmisión. Las frecuencias altas tienen un menor alcance y están sujetas a una mayor atenuación por parte de objetos sólidos.

#### **4.3.1 IEEE 802.11b – Tecnología DSSS**

El acercamiento por la tecnología de transmisión de datos por Espectro Disperso por Secuencia Directa (*Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS*) envuelve información redundante de codificación en la señal de RF. Cada bit de dato es expandido a una hilera de chips, llamada secuencia de chips o Secuencia de *Baker*. La velocidad de chips asignado por mandato por el IEEE 802.11 es de 11 chips – por Codificación por Intercambio de Fase Binaria (*Binary Phase-Shift Keying – BPSK*) / Codificación por Intercambio de Fase de Quadratura (*Quadrature Phase-Shift Keying – QPSK*) – a la velocidad de 1 y 2 Mbps, y 8 chips (modulación CCK) a la velocidad de 11 y 5.5 Mbps. Así, en los 11 Mbps, 8 bits son transmitidos por cada bit de datos.

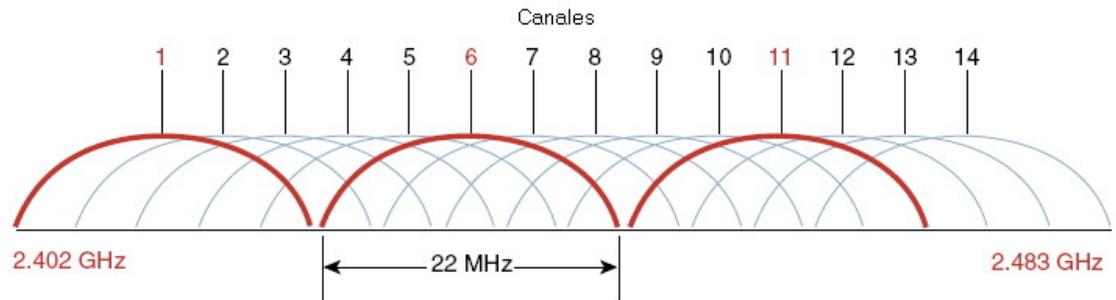
La secuencia de chips es transmitido en paralelo a través del rango de frecuencia de espectro disperso.

#### **4.3.2 Canales en los 2.4 GHz**

Catorce canales están definidos en el conjunto de canales de Secuencia Directa (DS) de la IEEE 802.11b. Cada canal de DS transmitido es de 22 MHz de ancho, pero la separación entre canales es de solo 5 MHz. Esto conduce al traslape de canal tales que las señales de los canales vecinos pueden interferir entre ellos. En un sistema de DS de 14 canales (11 disponibles para los Estados Unidos), solamente tres canales que no se traslapan (y por lo tanto, no se interfieren) – con separación de 25 MHz – son posibles (tales como los canales 1, 6 y 11).

Este espaciamiento de canal gobierna el uso y colocación de canales en un ambiente con muchos AP tales como una oficina o un campus universitario. Los AP son usualmente desplegados en una manera celular dentro de una empresa donde los APs adyacentes están colocados de manera que los canales no se traslapan. Alternativamente, los APs son colocados usando los canales 1, 6 y 11 para entregar un ancho de banda de 33 Mbps a un área simple (pero solo 11 Mbps para un cliente simple). El esquema de colocación de canales se ilustra en la Figura 11.

**Figura 11.** Esquema de colocación de canales en la banda de los 2.4GHz del 802.11b



### 4.3.3 IEEE 802.11a – Tecnología OFDM

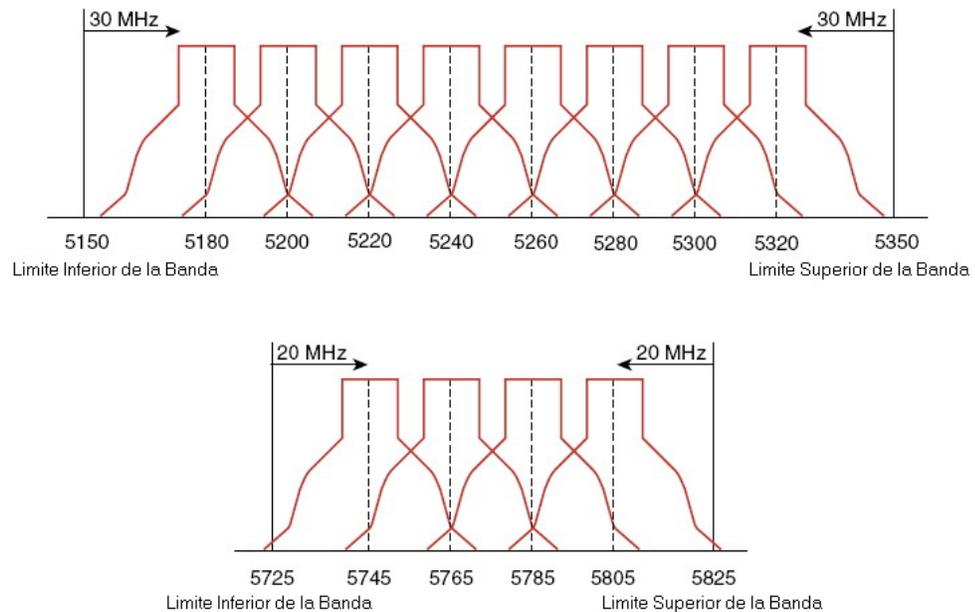
IEEE 802.11a, define los requerimientos para la capa física (PHY) operando en la frecuencia U-NII de 5.0 GHz y transmisión de datos dentro de los 6 Mbps a los 54 Mbps. Utiliza la tecnología de transmisión por Multiplexación por la División de la Frecuencia Ortogonal (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* – OFDM) que es un sistema de multi-portador (comparado a sistemas de portadora simple). OFDM permite a los subcanales traslaparse, proveyendo una eficiencia de espectro amplia. La técnica de modulación permitida en OFDM es más eficiente que las técnicas de espectro disperso.

El estándar 802.11g también utiliza la tecnología de transmisión de datos OFDM, pero no lo utiliza en la frecuencia de los 5 GHz, sino que bajo la frecuencia de los 2.4 GHz, y ofrece tasas de datos altas (desde 6 hasta 54 Mbps), y utiliza DSSS, también bajo los 2.4 GHz, para tasas de datos bajas (desde 1 hasta 11 Mbps).

#### **4.3.4 Canales en los 5 GHz**

La siguiente figura muestra la frecuencia central de los canales. La frecuencia del canal es de 10 MHz a cada lado de la línea punteada. Existe una separación de 5 MHz entre los canales.

**Figura 12.** Esquema de Colocación de Canales en la banda de los 5GHz del 802.11a



El estándar 802.11a para los Estados Unidos, la banda no regulada de 5 GHz cubre 300 MHz de espectro y soporta 12 canales que no se traslapan. Como resultado, la banda de 5 GHz es actualmente un conglomerado de tres bandas en los Estados Unidos: 5.150 a 5.250 GHz (UNII 1), 5.250 a 5.350 GHz (UNII 2) y 5.725 a 5.875 GHz (UNII 3).

## **4.4 Planeación para el despliegue de RF**

Muchas de las consideraciones de diseño de radio frecuencia son de implementación interdependiente y/o dependiente. Como resultado no existe una plantilla general para la mayoría de requerimientos y ambientes.

El diseño de RF depende de las siguientes consideraciones; cada una está mencionada brevemente en secciones individuales de la siguiente manera:

- Mejores Prácticas para del Despliegue de RF
- Requerimientos de Tasa de Datos para WLAN
- Requerimientos de Densidad de Clientes y de Caudal
- Requerimientos de Cobertura de WLAN
- Políticas de Seguridad
- Ambiente de RF

### **4.4.1 Mejoras prácticas para el despliegue de RF**

Algunas consideraciones pueden ser tratadas con líneas guías generales de mejores prácticas. Los siguientes pueden ser aplicados a la mayoría de las situaciones:

- Número de usuarios versus transferencia real o caudal (*throughput*) de un AP dado. El número recomendado general de usuarios por AP es de 15 a 25.
- La distancia entre APs puede causar variaciones en el caudal para clientes basados en la distancia desde el AP. La recomendación es limitar la transmisión de datos del AP al valor más alto de 11 Mbps y 5.5 Mbps.
- El número de APs depende de la cobertura y los requerimientos de caudal, los cuales pueden variar. Por ejemplo, el grupo de sistemas de información (IS) interna de Cisco actualmente utiliza seis APs por cada 3,530 metros cuadrados de espacio.

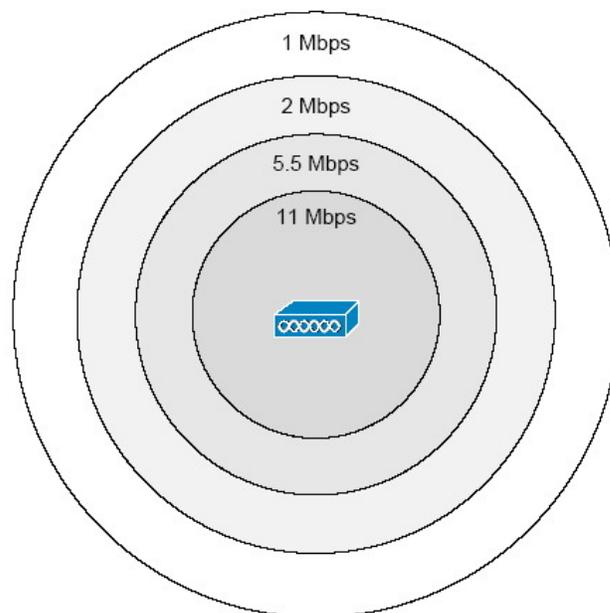
Basados en la variabilidad de los ambientes es altamente recomendable que una encuesta sobre el sitio sea realizada para determinar el número de APs requeridos y su ubicación óptima.

#### **4.4.2 Requerimientos de tasa de datos para WLAN**

La tasa de datos afecta el tamaño de la celda. En el caso de 802.11b, tasas de datos bajas (tales como las de 1 Mbps) pueden extenderse más lejos del AP que las tasas de datos alta (tales como las de 11 Mbps). Esto se ilustra en la Figura 13 (no está a escala). Por lo tanto, las tasas de datos (y el poder de transmisión) afectan la cobertura de la celdas y consecuentemente el número de APs que es requerido, como se ilustra en la Figura 14.

Transmisiones de datos diferentes son alcanzados mandando una señal redundante en el enlace inalámbrico, permitiendo a los datos ser recuperados más fácilmente del ruido. El número de símbolos enviados para un paquete en la transmisión de datos de 1 Mbps es mayor que el número de símbolos usados para el mismo paquete a los 11 Mbps. Esto significa que enviar datos en transmisiones de *bit* más bajas toma más tiempo que enviar los datos equivalentes en una transmisión de *bit* más alta.

**Figura 13.** Tasa de Datos y Cobertura del 802.11b

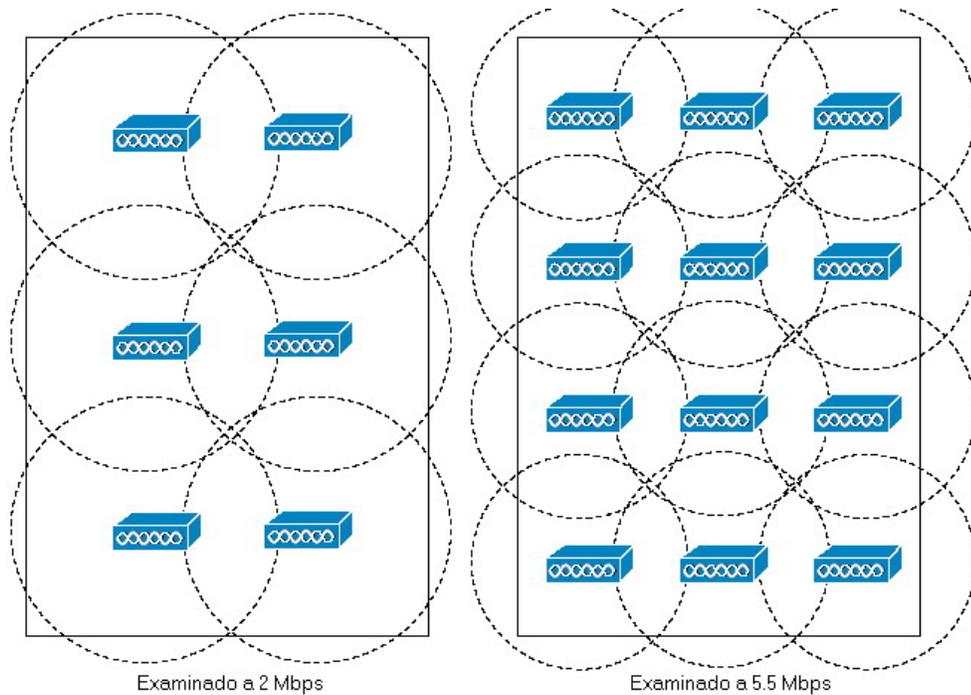


El diámetro de cobertura (círculos mostrados en la Figura 13), depende de factores tales como el poder de transmisión y la ganancia de la antena. Por ejemplo, en interiores, usando las antenas estándar en las tarjetas NIC y en los APs, el diámetro del círculo de 1 Mbps es aproximadamente 107 m, y el diámetro del círculo de 11 Mbps está alrededor de los 43 metros.

Incrementando la ganancia de la antena se puede incrementar la distancia y cambiar la forma del patrón de radiación a algo más direccional. Los alcances para estas tasas de datos son para interiores. Típicamente, el alcance en exteriores es mayor porque existen menos obstáculos y menor interferencia.

Para ver información relacionada con tasas de datos y cobertura del estándar 802.11a, por favor refiérase a “5.3 Consideraciones de Tasa de Datos (*Data Rate*)”, y para una comparación entre estas dos tecnologías refiérase a “5.6 Consideraciones de Alcance (*Range*)” en las siguientes secciones.

**Figura 14.** Comparación de Cobertura y densidad de APs para diferentes Tasas de Datos de Datos



La tasa de datos requerida tiene un impacto directo sobre el número de APs requeridos en el diseño. El ejemplo de la Figura 14 ilustra este punto. Mientras seis APs con una tasa de datos de 2 Mbps puede adecuadamente servir al área, podría requerirse del doble de APs para soportar una tasa de datos de 5 Mbps, y muchas más si se planea soportar tasas de datos de 11 Mbps.

La tasa de datos escogida es dependiente del tipo de aplicación a la que se dará soporte. En un ambiente de extensión de una LAN a WLAN, las tasas de datos mayores de 11 Mbps y 5.5 Mbps son recomendadas. Esto produce un caudal máximo y debería minimizar asuntos de soporte relacionados con el rendimiento. En un ambiente de una aplicación vertical de WLAN, las tasas de datos seleccionadas están determinadas por los requerimientos de las aplicaciones. Algunos clientes podrían no apoyar tasas de datos más altas y pudieran requerir el uso de tasas de datos mas bajas.

De esta forma podría ser lógico el escoger la configuración por defecto de APs y clientes, y de esta manera permitir todas las tasas de datos. Sin embargo, existen tres razones claves para limitar la tasa de datos al valor más alto, en el que a la cobertura completa se obtiene:

- La difusión y multidifusión son enviadas en la tasa de datos más baja (para asegurar que todos los clientes puedan ver los APs), esto reduce el caudal de la WLAN porque el tráfico debe esperar hasta que los marcos (*frames*) sean procesados en la tasa mas baja.

- Los clientes que están más lejos, y por lo tanto accedan a la red con la tasa de datos más baja, disminuyen el total del caudal por causa de retardos ya que las tasas de *bit* mas bajas están siendo servidas.
- Si un servicio de 11 Mbps es especificado y habilitado con APs para dar soporte a todas las tasas de datos, los clientes a menores tasas pueden asociarse con AP configurados de ésta manera los cuales pueden crear un área de cobertura más grande de la planeada, de ésta manera incrementando la exposición de la seguridad y potencialmente interfiriendo con otras WLANs.

#### **4.4.3 Requerimientos de densidad de cliente y de Caudal**

Los APs son similares a los *hubs* compartidos y tienen un caudal agregado mucho menor que la tasa de datos. Teniendo esto en mente, se debe tener un áspero estimado del número sugerido máximo de asociaciones activas (clientes activos). Esto puede ser más o menos ajustado de acuerdo a la aplicación en particular.

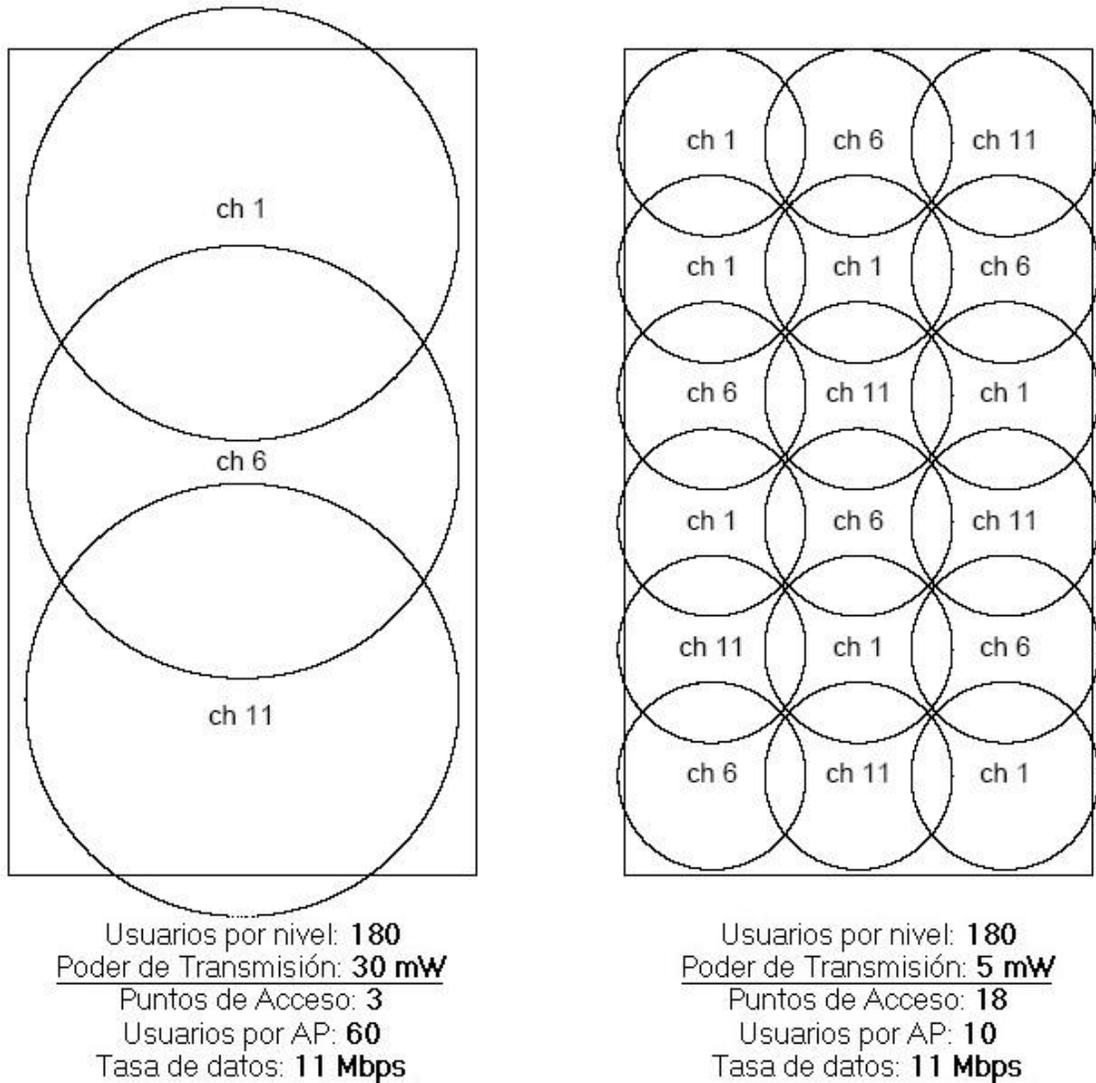
Cada celda provee un monto agregado de caudal que es compartido por todos los dispositivos cliente que están cerca de esa celda, y asociados a un AP dado. Esto define básicamente a una celda como un dominio de colisión. Después de decidir la tasa de datos mínima, se debe asegurar en considerar qué tanto caudal debería, en promedio, ser proveído a cada usuario de la red LAN inalámbrica.

Tome como ejemplo los lectores de código de barras. 25Kbps es más que suficiente caudal para tal aplicación. Usando un AP 802.11b de tasa de datos de 11 Mbps resulta en un caudal agregado de 5 a 7 Mbps. Esto resulta en un número máximo de 200 usuarios que pueden ser soportados satisfactoriamente. Para un sistema de 1 Mbps, 20 usuarios pueden utilizar el mismo AP para resultados de ancho de banda similares.

Puede incrementar el caudal por usuario disminuyendo el número de usuarios que pelean por el caudal agregado proveído por un AP simple. Esto puede hacerse disminuyendo el tamaño de cobertura de la celda o agregando un segundo AP en un canal no traslapado en la misma área de la celda. Para reducir el tamaño de la celda, el poder del AP o la ganancia de la antena pueden ser reducidos, teniendo como resultado una menor cantidad de clientes en el área de esa celda. Esto significa que se necesitarán mas AP para la misma área total, incrementando el costo de despliegue.

Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 15. Algunos de los APs no proveen los ajustes para controlar el poder de transmisión y muchos tienen opciones limitadas o no las tienen.

**Figura 15.** Cambio del Poder de Transmisión para Incrementar el Caudal del Cliente



**Nota:** El poder de transmisión de los clientes deben ser ajustados para igualar las características de poder de transmisión del AP. Manteniendo un ajuste alto del poder de transmisión en el cliente no resultará en un rendimiento mas alto y además podría causar interferencia en celdas aledañas.

Si en el diseño con tres APs, los 60 usuarios por AP se conectaran todos al mismo tiempo, estarían peleando por un caudal de 11 Mbps. Mientras que en el nuevo diseño, resultado del cambio anteriormente expuesto, se tendrían 10 usuarios por AP, teniendo cada usuario más posibilidades de transmitir información a una mayor velocidad.

#### **4.4.4 Requerimientos de Cobertura de WLAN**

Muchas empresas que desean implementar soluciones inalámbricas tienen requerimientos de cobertura diferentes. Algunos necesitan que una WLAN cubra áreas comunes específicas; otras necesitan que las WLANs cubran cada piso de un edificio, que cubran el edificio completo incluyendo escaleras y elevadores, o que cubran un campus universitario incluyendo el parqueo de carros y los caminos.

Aparte del impacto del número de APs requerida, los requerimientos de cobertura pueden introducir otros asuntos, tales como antenas especializadas, un recinto exterior y protección contra rayos.

#### **4.4.5 Políticas de Seguridad**

El diseño de RF puede ser utilizado para minimizar la radiación de RF en áreas o direcciones de cobertura no requeridas. Por ejemplo, si el área de cobertura de la WLAN es requerida solamente en los edificios, entonces el monto de cobertura de RF fuera del edificio puede ser minimizado por la administración de APs con restricciones de tasas de datos y la colocación de antenas direccionales.

Para ver información relacionada sobre Seguridad, por favor refiérase a “3.10 Seguridad y WEP”, en las secciones anteriores.

#### **4.4.6 Ambiente de RF**

El rendimiento de una WLAN y su equipo depende del ambiente de RF. Los siguientes son algunos ejemplos de variables ambientales adversas.

- Teléfonos inalámbricos de 2.4 GHz
- Paredes fabricadas de acoplamiento de alambre y de estuco
- Gabinetes y estantes de equipo de metal
- Transformadores
- Motores eléctricos resistentes
- Paredes cortafuego y puertas cortafuego

- Concreto
- Refrigeradores
- Iluminación de plasma de sulfuro (sistemas de iluminación de fusión de 2.4 GHz)
- Canalización de aire acondicionado
- Otro equipo de radio
- Hornos de microondas
- Otro equipo de WLAN

Una revisión del sitio debería ser realizada para asegurar que las tasas de datos requeridas sean soportadas en todas las áreas requeridas, tomando en cuenta las variables ambientales mencionadas anteriormente.

La revisión del sitio debería considerar el espacio tridimensional ocupada por la WLAN. Por ejemplo, en una WLAN que abarca varios edificios con subredes diferentes por nivel podrían requerir una configuración de RF diferente que el mismo edificio con una subred WLAN simple por edificio. En una situación de subredes múltiples, un cliente que pretende cambiar a un AP diferente en el mismo piso podría conectarse a un AP de un piso adyacente.

## 5 CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA DE WLAN

Seleccionar una tecnología inalámbrica puede ser engañosa. Por ejemplo, los dispositivos inalámbricos pueden adherirse a diferentes estándares y pueden no ser compatibles entre ellos o con la siguiente generación de dispositivos.

Se deben entender los requerimientos del ambiente (y planear para mejoras futuras) cuando se escoge una tecnología inalámbrica. Se presentarán ahora algunas consideraciones a la hora de seleccionar una tecnología, y estas son las siguientes:

- Competencia entre Estándares de WLAN
- Consideraciones de Capacidad (*Capacity*) de WLAN
- Consideraciones de Tasa de Datos (*Data Rate*)
- Consideraciones de Caudal (*Throughput*)
- Consideraciones de Rendimiento (*Performance*)
- Consideraciones de Alcance (*Range*)
- Resumen de Selección de Tecnología

## 5.1 Competencia entre estándares de WLAN

Dos estándares dominan el mercado de las WLAN:

- IEEE 802.11b – Ha sido el estándar industrial por muchos años. Operando en la porción no regulada del espectro de radio frecuencia de 2.4 GHz, entrega una tasa de datos máxima de 11 Mbps y tiene numerosas fuerzas. 802.11b disfruta de la aceptación generalizada de los usuarios y el soporte de los vendedores. Muchos vendedores desarrollan dispositivos compatibles, y ésta compatibilidad está asegurada a través del programa de certificación Wi-Fi. La tecnología 802.11b ha sido desplegada por muchas organizaciones, que típicamente encuentran aceptable su velocidad y rendimiento para sus aplicaciones actuales.
- IEEE 802.11a - Opera en el espectro de radio frecuencia de 5 GHz. Con una tasa de datos máxima de 54 Mbps, este estándar ofrece un rendimiento cinco veces mayor que el estándar 802.11b. De ahí que éste provee gran ancho de banda para aplicaciones de alta demanda.

- Como se mencionó en la sección anterior en “4.2.4 Especificaciones del 802.11”, el 802.11g es otro estándar relacionado, el cual está destinado a redes con requerimientos altos de rendimiento. El estándar 802.11g entró en vigor en Junio del 2003. 802.11g entrega la misma tasa de datos de 54 Mbps que el 802.11a, y aún así ofrece una ventaja adicional y obligatoria – compatibilidad hacia atrás con equipo 802.11b.

Esto significa que las tarjetas cliente del 802.11b pueden trabajar con APs de 802.11g, y las tarjetas cliente 802.11g trabajarán con APs del 802.11b. Debido a que 802.11g y 802.11b operan en la misma banda no regulada de 2.4 GHz, la migración hacia 802.11g es una opción comprable para las organizaciones con infraestructura inalámbrica 802.11b existente. Debería notarse que los productos 802.11b no pueden ser actualizados por software al 802.11g porque los radios del 802.11g utilizan un conjunto de chips diferentes que el 802.11b a fin de entregar una tasa de datos mayor. Sin embargo, como muchas *Ethernet* y *Fast Ethernet*, los productos 802.11g pueden ser combinados con productos 802.11b en la misma red. Debido a que 802.11g opera en la misma banda no regulada que el 802.11b, éstas comparten los mismos tres canales, lo cual limita la capacidad y escalabilidad inalámbricas.

Entonces, ¿cuál estándar debería seleccionar una organización? Cada una tiene sus fortalezas. La mayor fortaleza del estándar 802.11b es su extensa aceptación y la amplia disponibilidad de productos, aunque el ancho de banda es limitada. En comparación, el estándar 802.11a tiene la capacidad de manejar aplicaciones que requieren gran ancho de banda que caracterizará a las futuras WLAN. 802.11a también soporta más canales (no traslapados) haciendo del despliegue de RF más flexible.

Pero ahora también existe la posibilidad de obtener lo mejor de los dos estándares, 802.11b y 802.11a. El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda máximo de 54 Mbps (del 802.11a) bajo la banda de los 2.4 GHz (del 802.11b), además que se aprovecha la aceptación, disponibilidad y compatibilidad de los productos basados en el estándar 802.11b. Podríamos decir entonces que los productos basados en el estándar 802.11g llevan las de ganar y los resultados podrán ser observados en el mediano o largo plazo.

Sin embargo, también existen otras soluciones. Afortunadamente, las organizaciones no necesitan escoger entre las tecnologías cuando consideren utilizar una infraestructura WLAN. Existen productos en el mercado que entregan a los implementadores de tecnología inalámbrica la opción de desplegar ambas tecnologías (tal es el ejemplo de los productos *Aironet 1130AG*, para oficinas, de Cisco). Estos AP inalámbricos entregan:

- Flexibilidad: estos productos son de doble banda, lo que significa que pueden soportar concurrentemente WLANs basadas en los dos estándares: 802.11a de 5 GHz y el 802.11b o 802.11g de 2.4 GHz.
- Escalabilidad y protección de la inversión: lo cual asegura que la red inalámbrica de una organización será compatible hacia delante y atrás, con la capacidad de crecer en términos de la cantidad de usuarios y el despliegue de aplicaciones.

- Facilidad de uso y flexibilidad: los productos son actualizables y además, una organización puede escoger el despliegue de la tecnología de 2.4 GHz, la tecnología de 5 GHz, o una mezcla de los dos.

## **5.2 Consideraciones de capacidad (*Capacity*) de WLAN**

El estándar 802.11a provee una substancial mejora de la capacidad potencial para una WLAN en comparación de las implementaciones de WLAN basadas en 802.11b. La banda de 5 GHz ofrece mas de tres veces el espectro que la banda de 2.4 GHz. Una ventaja clave para el despliegue de 802.11a es la mayor flexibilidad para la reutilización de canales y otra ventaja es la capacidad. Con un número mayor de canales de donde seleccionar, es más fácil desplegar una WLAN a una empresa. La interferencia en la red es reducida por la evitación de dos AP adyacentes que utilizan la misma frecuencia y por el incremento de la distancia entre los APs con las mismas frecuencias (reduciendo la interferencia entre canales iguales). Esto es importante ya que el tráfico que se origina en los dispositivos en celdas que se traslapan establecidas bajo el mismo canal resulta en la interferencia mutua, de ahí el impedimento de rendimiento.

Con tan solo tres canales en la banda de 2.4 GHz usado por el 802.11b y 802.11g, esto representa un defecto que complica el despliegue. Con ocho canales, los sistemas 802.11a tienen una tasa de datos agregada de 432 Mbps (54 Mbps por ocho canales) en un área determinada. En contraste, los dispositivos 802.11b tienen una capacidad máxima de 33 Mbps (11 Mbps por tres canales) en un área determinada. De ahí que las organizaciones con WLANs grandes puedan decidir por un despliegue del 802.11a, que provee un rendimiento realmente mayor en una estructura basada en celdas.

Dada la diferencia en las frecuencias de operación, 802.11b y 802.11a pueden coexistir en el mismo ambiente, permitiendo a los usuarios moverse entre ellos, o utilizando un cliente de doble banda (combina ambas tecnologías de radio en un mismo cliente). Una empresa deberá conducir exámenes de sitio más comprensivos para cada tecnología para garantizar una cobertura de red adecuada. Cada frecuencia tiene una fuerza de señal, interferencia, y características de reflexión diferentes y cada implementación deberá ser optimizada para requerimientos diferentes.

### **5.3 Consideraciones de tasa de datos (*Data Rate*)**

Para ver más información relacionada, por favor refiérase a “4.4.2 Requerimientos de Tasa de Datos para WLAN” en la sección anterior.

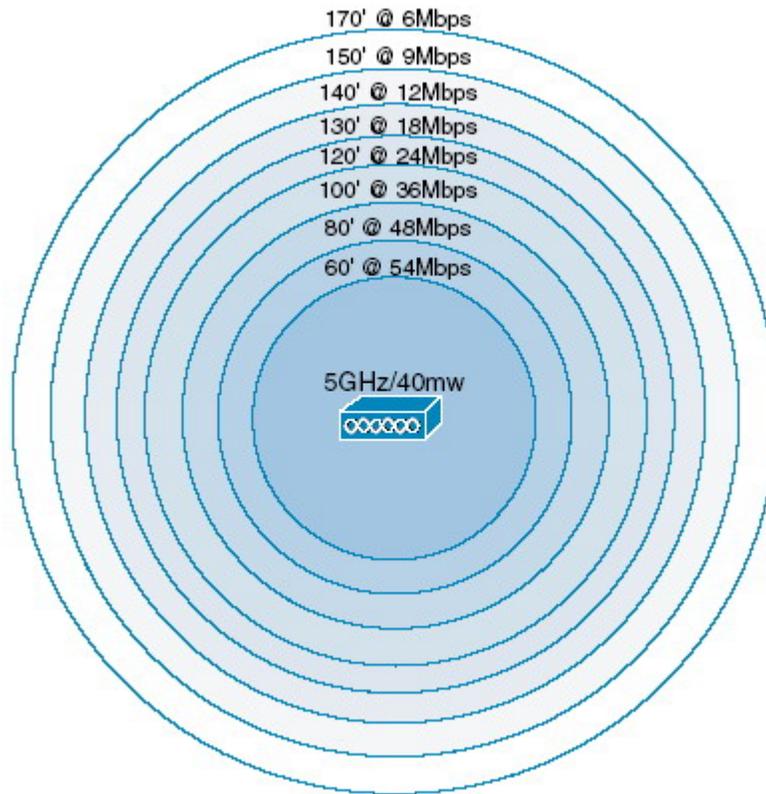
La tasa de datos afecta al tamaño de la celda. En el caso de 802.11a, las tasas de datos bajas (tales como las de 6 Mbps) pueden extenderse más lejos del AP que las tasas de datos altas (tales como las de 54 Mbps). Esto es ilustrado en la Figura 16. Por lo tanto las tasas de datos (y el poder de transmisión) afectan la cobertura de la celdas, y consecuentemente el número de APs requeridos.

En general, existen lagunas de cobertura en cada tasa de datos. Lo que está considerado una tasa de datos aceptable, depende últimamente de la cantidad de ancho de banda requerida para la aplicación que se desee ejecutar en una localización en particular. Está seguro de examinar a los usuarios para los requerimientos de tasa de datos mínima.

Los APs ofrecen a los clientes tasas de datos múltiples para el enlace inalámbrico. Para el 802.11b, el rango es de 1 a 11 Mbps en cuatro incrementos de 1, 2, 5.5 y 11 Mbps, mientras que el 802.11a el rango es de 6 a 54 Mbps en siete incrementos de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps. Debido a que la tasa de datos afecta el alcance, seleccionar las tasas de datos durante la etapa de diseño es extremadamente importante.

En la siguiente figura se pueden notar las tasas de datos del 802.11a. Las medidas tomadas están mostradas en pies. Se puede notar que los 54 Mbps se dan dentro de un radio de 60 pies (18 metros) y la tasa de datos mínima de 6 Mbps se da dentro de un radio de 170 pies (52 metros). Los alcances para estas tasas de datos son para interiores.

**Figura 16.** Tasa de Datos y Cobertura del 802.11a



Para ver información relacionada con tasas de datos y cobertura del estándar 802.11b, por favor refiérase a la sección “4.4.2 Requerimientos de tasa de datos para WLAN”, y para una comparación entre estas dos tecnologías refiérase a la sección “5.6 Consideraciones de Alcance (*Range*)”.

Las tarjetas cliente cambian automáticamente a la tasa más rápida posible del AP. La forma en que la tarjeta hace esto varía de vendedor a vendedor. Porque cada tasa de datos tiene una cobertura de celda única (a mayor tasa de datos, menor tamaño de celda), la tasa de datos mínima debe ser determinada en la fase de diseño.

El tamaño de las celdas en una tasa de datos dada puede ser pensada como un grupo de círculos concéntricos jerarquizados. Ver la Figura 16. Seleccionando solamente la tasa de datos más alta requiere un número mayor de APs para cubrir un área determinada, de ahí el cuidado que debe tenerse al desarrollar un compromiso entre la tasa de datos agregada requerida y el costo total del sistema.

Con los AP de banda dual, un diseño cuidadoso puede rendir una tasa de datos agregada de 65 Mbps (54 Mbps + 11 Mbps) por AP con capacidad para crecer a 108 Mbps si se utiliza la tecnología 802.11g cuando esté disponible.

Un esquema de despliegue de doble banda (o de banda dual) con los estándares 802.11a y 802.11b se muestra al final de la sección “4.1.3 Selección de Canal”.

#### **5.4 Consideraciones de caudal (*Throughput*)**

Para ver más información relacionada, por favor refiérase a “4.4.3 Requerimientos de Densidad de Cliente y de Caudal” en la sección anterior. Otro nombre que se le da a *throughput* es el de “Transferencia Real”.

La tasa de datos es frecuentemente confundida con el caudal (*throughput*) de datos agregado. La tasa de datos agregada, toma en cuenta la sobrecarga asociada con la estructura del marco del protocolo, las colisiones y retardos asociados al proceso de implementación con los marcos procesados por los clientes y los APs. La sobrecarga del protocolo incluye parámetros tales como marcos de petición de envío (RTS), libre para envío (CTS), reconocimiento (ACK), períodos de espera y retrasos de propagación, de tal manera que *Ethernet* de 10 Mbps puede ser más rápido que los 11 Mbps de *Wi-Fi* (Estándar 802.11b). La sobrecarga asociada con el estándar 802.11b excede la sobrecarga del *Ethernet* 802.3, resultando en un mejor caudal para la *Ethernet* de 10 Mbps que el *Wi-Fi* de 11 Mbps.

Una consideración importante a la hora de comprar cualquier tecnología de red es la cantidad de ancho de banda (o tasa de datos transmitidos), y caudal que se provee a cada usuario de la red, y de qué tan bien ese caudal puede soportar las aplicaciones que se ejecutan en la red.

Para propósitos de claridad, la tasa de datos (*data rate*) significa la cantidad de datos capaz de ser enviada desde un nodo en una red inalámbrica a otra, dentro de un lapso de tiempo. Aun más, la diferencia entre tasa de datos y caudal (*throughput*) es la cantidad de bits crudos que viajan desde un nodo hacia otro, en comparación a los bits que representan el contenido del mensaje. Esta diferencia está determinada por un número de factores incluyendo la latencia inherente en los componentes físicos (PHY) en la radio, la sobrecarga y la información de reconocimiento que acompaña cada transmisión y las pausas entre transmisiones. Una tabla de comparación de las redes inalámbricas y la transferencia real son mostradas en la Tabla IX.

**Tabla IX.** Transferencia Real (o caudal) en la mayor Tasa de Datos

<b>Tecnología</b>	<b>Tasa de Datos</b>	<b>Caudal Promedio</b>
802.11b	11 Mbps	5 a 7 Mbps
802.11a	54 Mbps	22 a 31 Mbps
802.11g (OFDM)	54 Mbps	A ser determinado

802.11b ofrece una tasa de datos de 11 Mbps, que son aproximadamente de 5 a 7 Mbps de caudal de mensaje real (por AP). Este monto es compartido dentro de todos los usuario de la red accedendo al mismo tiempo, y administrado por la técnica de Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Evasión de Colisiones (*Carrier Sence Multiple Access with Collision Avoidance* – CSMA/CA) modelado es su equivalente alambrado de *Ethernet*. La mayoría del tráfico de red es explosiva, y solamente pocos usuarios están en la red simultáneamente, los usuarios de redes *Wi-Fi* (802.11b) generalmente experimentan buenas velocidades de conectividad.

Utilizando OFDM y Modulación de Amplitud de Cuadratura 64 (64-QAM – *Quadrature Amplitud Modulation*), 802.11a y 802.11g proveen niveles de tasas de datos similares. Sin embargo, como el 802.11g debe ser compatible hacia atrás con 802.11b, el 802.11g debe incurrir en más sobrecarga asociada con la información de cabecera del 802.11b. Como resultado, el 802.11g puede no lograr una paridad total con el caudal posible con el 802.11a.

Con el 802.11a, hay una tasa de datos máxima de 54 Mbps que puede soportar aplicaciones de ancho de banda altas tales como CAD-CAM, flujos de video, y voz/video/datos convergida. Los nodos 802.11a y 802.11b también comparten el ancho de banda eficientemente utilizando las técnicas de CSMA/CA. En el 802.11b se pueden soportar apretadamente de 15 a 25 usuarios por AP (a 11 Mbps). Con el 802.11a, más usuarios pueden ser soportados por AP (a 54 Mbps) ya que hay más ancho de banda disponible. El tamaño de celda más pequeño hace un aumento inverosímil en usuarios. El impacto normal sería un incremento en el ancho de banda disponible por usuario.

802.11b puede ser utilizado por los implementadores que tienen instalada una base grande de APs, trabajan intensamente bajo transacciones, tienen muchos usuarios que cambian a otros APs con la misma tecnología, o son de costo sensible.

802.11a puede ser usado también por los implementadores que requieren un caudal mayor para las aplicaciones mencionadas arriba, tienen instalada una pequeña base de 802.11b (ya que 802.11b y 802.11a no son compatibles), y están preocupados acerca de la interferencia. Asuntos de interferencia son discutidos en detalle en “2.6 Fuentes de Interferencia en las WLANs” en las secciones anteriores y en “5.5 Consideraciones de Rendimiento (*Performance*)” en esta misma sección.

Las mejoras a la Calidad del Servicio (*Quality of Service* – QoS) de la capa MAC del 802.11 bajo desarrollo dentro del 802.11e podrán mejorar la habilidad del 802.11b, el 802.11a y 802.11g de entregar nuevos tipos de datos de tiempo crítico, adicionalmente a los paquetes de datos tradicional (las capacidades de QoS están típicamente asociadas con implementaciones de voz/teléfono basada en IP). Las recomendaciones del Grupo de Tareas IEEE 802.11e estarán disponibles para las dos soluciones de 2.4 GHz y 5 GHz simultáneamente y la mayoría de las redes 802.11 lanzadas subsecuentemente podrán soportar tales recomendaciones. Los estándares 802.11g y 802.11a, con un ancho de banda mayor, podrán dar soporte de QoS más eficientemente que el 802.11b, pero también porque hay disponible más espectro no regulado para la radio de 5 GHz. Esto permite a las redes de 5 GHz colocar un cierto número de redes para voz solamente, y otras para datos.

## **5.5 Consideraciones de Rendimiento (*Performance*)**

Mientras el espectro no regulado es muy atractivo (ya que no existe un pago de licencias para utilizarlo), los implementadores deberán tener en cuenta la degradación potencial de rendimiento asociado con la interferencia del ambiente. El 802.11a opera en la banda no regulada en la misma forma que el 802.11b y sistemas anteriores de 900 MHz. Esto significa que no hay restricciones en los tipos de dispositivos que operan en estas bandas y en la cual todos se conforman con un juego de reglas en común.

La porción de 900 MHz del espectro fue inicialmente usada por las WLANs y luego, de manera más común, por los teléfonos inalámbricos. Aunque todos estos dispositivos cumplían con las regulaciones aplicables, ellas actuaron una sobre otra como interferencia, degradando mutuamente el rendimiento y la utilidad. La industria de la WLAN abandonó esencialmente la banda de los 900 MHz y migró a la banda de 2.4 GHz. Inicialmente, la industria de WLAN tenía esa banda para ellos mismos (con la excepción de las emisiones de RF del microondas). Eventualmente, sin embargo, la banda se volvió más abarrotada con un incremento en el número de productos, incluyendo dispositivos *Bluetooth* y teléfonos inalámbricos de 2.4 GHz. La atracción inherente de la banda de 2.4 GHz para los fabricantes, la operación libre de licencias a escala internacional y el resultado de un mercado mundial para los dispositivos de 2.4 GHz, llevó a un problema central de la banda de los 2.4 GHz, el atestamiento.

Esto sin embargo llevó a una ventaja principal del 802.11a, ya que opera en la banda de los 5 GHz, es (hasta ahora) inmune a las interferencias de otros dispositivos. Los productos 802.11a como tal son relativamente pocos en número. *Bluetooth* opera en la banda de los 2.4 GHz y existen muy pocos teléfonos inalámbricos de 5 GHz disponibles en el mercado. El punto es que hoy la banda de los 5 GHz está relativamente limpia pero no existen restricciones en esta banda que no apliquen igualmente a las bandas de 900 MHz y 2.4 GHz. Al paso del tiempo, la banda de 5 GHz podría estar igualmente atestada con dispositivos causantes de interferencia.

Ya que la banda de 2.4 GHz no requiere de licencias, es posible que cualquiera las use, dentro de los límites máximos de EIRP. La interferencia de WLAN puede venir de un sin número de fuentes. Las principales fuentes son los hornos de microondas, la interferencia de canales iguales, la tecnología *Bluetooth*, teléfonos inalámbricos de 2.4 GHz y el acceso a Internet compartido. Para ver más información relacionada, por favor refiérase a “2.6 Fuentes de Interferencia en las WLANs” en las secciones anteriores.

## **5.6 Consideraciones de alcance (*Range*)**

La Tabla X provee una comparación de la tasa de datos y el alcance asociados con las redes 802.11a y 802.11b. Estos son los alcances máximos típicos, pero el alcance varía (normalmente hacia abajo) dependiendo del ambiente. A mayor cantidad de obstrucciones encontradas (tales como edificios de estructura metálica) el alcance es reducido.

**Tabla X.** Comparación entre la Tasa de Datos y el alcance para el 802.11a y el 802.11b

Tasa de Bits (en Mbps)	Alcance para el 802.11b (en metros)	Alcance para el 802.11a (en metros)
1	107	-
2	76	-
5.5	55	-
6	-	52
9	-	46
11	43	-
12	-	43
18	-	40
24	-	37
36	-	30
48	-	24
54	-	18

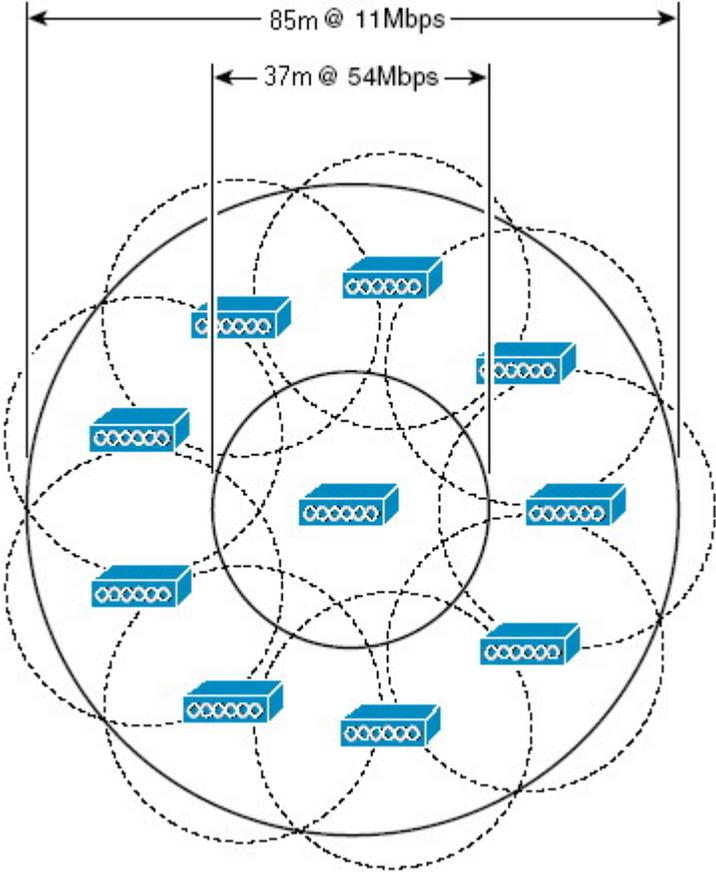
La Figura 17 ilustra el área de cobertura de un AP 802.11b a la tasa de bits de datos máxima de 11 Mbps, comparada con el AP 802.11a a la tasa de bits de datos de 54 Mbps. Esta comparación muestra el impacto de los diferentes alcances de 802.11b y 802.11a. Diez APs 802.11a son requeridos para cubrir un área similar a la que cubre un AP 802.11b.

El alcance de cobertura por sí sola no es la única historia aquí. Una comparación entre la capacidad de la cobertura del 802.11a y la cobertura del 802.11b muestra la capacidad del 802.11b a los 11 Mbps, mientras que la capacidad de la solución 802.11a a 54 Mbps. La diferencia representa una ganancia potencial de aproximadamente 49 veces.

Para ver información relacionada con tasas de datos y cobertura del estándar 802.11a, por favor refiérase a la sección “5.3 Consideraciones de Tasa de Datos (*Data Rate*)”, para el estándar 802.11b, por favor refiérase a la sección “4.4.2 Requerimientos de tasa de datos para WLAN”, y para revisar mas ventajas y desventajas de estas tecnologías refiérase a la sección “5.7 Resumen de Selección de Tecnología”.

En resumen, más APs 802.11a son requeridos para dar soporte a un área dada en comparación a los APs 802.11b, pero la capacidad de la red 802.11a es significativamente mayor.

**Figura 17.** Diferencia de cobertura entre el 802.11a y el 802.11b



### **5.6.1 Propagación de la señal**

Una onda de 5 GHz es más o menos la mitad de la longitud de una onda de 2.4 GHz. Estas ondas más cortas tienden a pasar a través del agua en vez de ser capturada por ésta. El cuerpo humano consiste en 95 por ciento de agua. Por lo tanto, en áreas con una alta densidad de personas, tales como un salón de negociaciones común, los dispositivos de las WLANs 802.11a que operan a 5 GHz podrían tener la ventaja en términos de la propagación de la señal y en un alcance mayor que los dispositivos de WLAN 802.11b que operan a 2.4 GHz. Esa onda relativamente corta de 5 GHz que proporciona la ventaja anteriormente descrita también guía a una desventaja principal del 802.11a relativo al 802.11b. En particular, las ondas de 5 GHz son más vulnerables a la absorción por los materiales de las edificaciones, tales como tablayeso y concreto.

### **5.6.2 Consideraciones de la antena**

Las opciones de antena varían ampliamente para los dispositivos de 5 GHz y de 2.4 GHz. Actualmente, las regulaciones indican que la antena debe estar integrada a algunos dispositivos de transmisión de 5 GHz. De ahí que los vendedores pueden vender solamente dispositivos 802.11a con antenas que están unidas al dispositivo en sí (y no pueden ser removidos). En la otra mano, las organizaciones pueden seleccionar de una amplia variedad de opciones para antena para los dispositivos de 2.4 GHz.

Estas antenas pueden ser unidas al dispositivo de transmisión y pueden existir separadamente, conectadas vía cable. La colocación de la antena puede impactar seriamente la instalación y el alcance. Por ejemplo, con una red de 2.4 GHz, las organizaciones tienen la opción de colocar de forma segura los APs fuera de vista, y cablear a una antena remota. Ellos también tienen la habilidad de colocar el dispositivo en un recinto protector, lo cual puede prolongar su tiempo de vida. Las restricciones de antena impuestos a los dispositivos de 5 GHz eliminan estas opciones. De ahí que la instalación puede ser más complicada, el alcance total pueda ser reducido y los costos de implementación puedan ser más altos.

La mayoría de los vendedores están creando productos que puedan operar en las bandas UNII-1 y UNII-2 ya sea de manera separada o simultánea. Cuando operan simultáneamente, las regulaciones de la FCC para las antenas UNII-1 fijas aplican a tales productos.

Asumiendo que se tengan ambientes equivalentes, y manteniendo el transmisor, la ganancia de la antena y la tasa de datos constante, el de 2.4 GHz ofrece el doble de alcance que el de 5 GHz. Esto se explica por los conceptos físicos de la propagación de la onda de radio, que dicta que si todas las demás cosas están iguales, una señal de frecuencia más alta tendrá un alcance reducido en comparación a una señal de frecuencia baja.

## 5.7 Resumen de selección de tecnología

En general, la tecnología 802.11b de 2.4 GHz tiene una ventaja sobre el 802.11a, primariamente por que los dispositivos compatibles con 802.11b entregan un mayor alcance que la tecnología 802.11a (ver Tabla XI, Tabla XII y Figura 18). Existen muchas razones para ésta diferencia:

- La onda de 2.4 GHz es casi el doble del largo de la onda de 5 GHz.
- Las ondas de 5 GHz son más vulnerables a la absorción por los materiales de construcción, tales como tablayeso y concreto.
- Las regulaciones restringen el poder de transmisión y las posibilidades de la antena en la banda de los 5 GHz.
- Con un alcance reducido, las compañías tendrían que desarrollar un número mayor de APs compatibles con 802.11a para cubrir un área designada, lo cual puede guiar a un costo de hardware mayor.

Combinados, estos factores favorecen a los dispositivos basados en 802.11b.

Los implementadores tienen permitido cinco veces menos energía en la banda de los 5 GHz (comparado con las implementaciones de 2.4 GHz) y encarar requerimientos  $E_s/N_0$  (*Energy per Symbol to Density of Noise ratio*) rigurosos en 802.11a debido a la mayor tasa de datos. La sensibilidad del receptor cae hasta los -68 dBm con una tasa de datos de 54 Mbps, comparada con los -85 dBm para la tasa de datos de 11 Mbps.

Existe solamente más atenuación en el aire para el espectro de los 5 GHz. Sin embargo, si se utilizan antenas estándar de goma de pato (2.2 dBi) con productos 802.11b en comparación a las antenas unidas de 6 dBi para el 802.11a (y se utilizan tasas de datos similares en el 802.11a y el 802.11b, tales como 12 Mbps para los 5 GHz y 11 Mbps para los 2.4 GHz), el alcance y caudal son similares. Un factor contribuyente aquí es que la ganancia en la tarjeta cliente del 802.11b es de casi 0 dB. Y la ganancia en el bus de la tarjeta cliente del 802.11a es de 5 dBi. También en el lado del AP, la antena de 6 dBi en el espectro de los 5 GHz es utilizada comparada a la antena de 2.2 dBi de los 2.4 GHz. Por sobre todo, la modulación OFDM pelea por el multidireccionamiento más eficientemente.

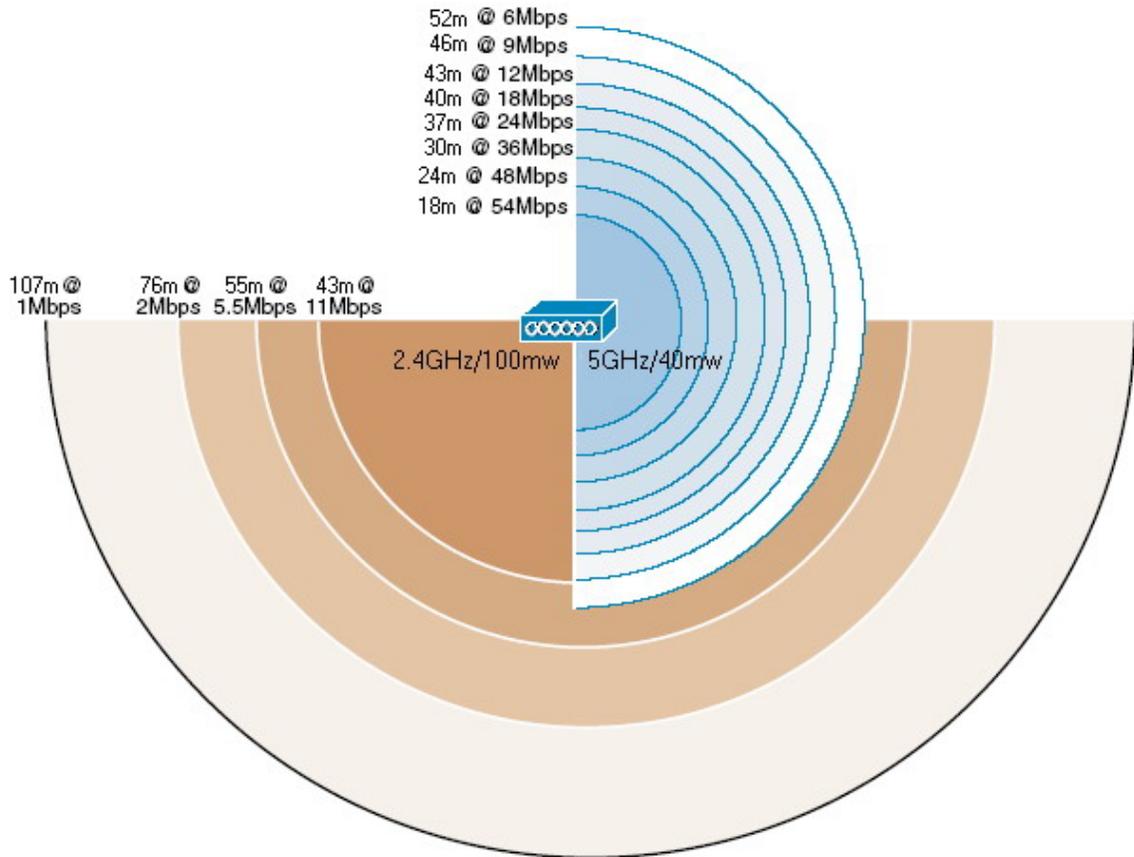
**Tabla XI.** Valores típicos de Alcance para 802.11b con Antenas de Goma de Pato

Tasa de Datos (Mbps)	Alcance en Interiores (en metros)	Alcance en exteriores (en metros)
1	107	610
11	43	244

**Tabla XII.** Valores típicos de Alcance para 802.11a con Antena Omnidireccional

Tasa de Datos (Mbps)	Alcance en Interiores (en metros)	Alcance en exteriores (en metros)
6	52	305
18	40	183
54	18	30

**Figura 18.** Comparación de Alcance para los APs 802.11a y 802.11b



Como 802.11g utiliza la misma banda que el 802.11b, entonces las mismas regulaciones son aplicadas. El 802.11g no tiene un mejor alcance que el 802.11b debido a requerimientos más altos (asociados con tasas de datos disponibles intrínsecamente más altas).

Las organizaciones deberán pesar cada factor cuando seleccionen una tecnología inalámbrica. En algunos casos, el rendimiento y capacidad escarpadas favorecen a la implementación del estándar 802.11a. En otros casos, el soporte del vendedor y las ventajas de alcance e implementación guían a la selección de la tecnología 802.11b. Esta decisión depende del tipo de actividad de la organización, su misión y los planes para el futuro, mientras pesan el costo y los requerimientos de funcionamiento.

Estos estándares inalámbricos en competencia dejan a muchas compañías pensando en cual tecnología inalámbrica utilizar. Sin embargo existen productos que eliminan esta preocupación. El diseño de dispositivos de banda doble da soporte para los dos estándares inalámbricos ya establecidos o emergentes, permitiendo a las compañías implementar WLANs sin ningún compromiso.

## **6 PLANIFICACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA**

Ahora pasaremos a la solución del problema de la creación de un diseño para la implementación de una red inalámbrica para la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la cual estará agregada al equipo de red alamburada actual.

Teniendo presente toda la información que se describió en los capítulos anteriores, ahora se puede plantear la solución al asunto y para esto se requiere de la obtención de cierta información necesaria para poder empezar a diseñar la red inalámbrica.

### **6.1 Descripción de requerimientos**

A continuación se describen los requerimientos:

- A. Se requiere de un plano del lugar donde se desea instalar la red inalámbrica.

- B. Obtener información general para determinar el tamaño de la red. Se quieren obtener datos de qué personas quieren y pueden acceder a la red inalámbrica, las ubicaciones en las que desean conectarse los usuarios, que tipo de equipo utilizarán los usuarios para acceder a la red inalámbrica, cuando lo harían, para qué lo harían y qué información desean obtener al acceder a la red inalámbrica.
  
- C. Un diagrama de la estructura física disponible y la ubicación de la red alamburada actual. Esto servirá para crear un diseño y poder agregar el equipo alamburado necesario para desplegar los componentes del equipo inalámbrico, tales como Puntos de Acceso, Cables, Antenas, etc.

Teniendo en cuenta estos requerimientos se puede empezar a dar la solución de despliegue de la red inalámbrica de radio frecuencia.

## **6.2 Descripción de Solución**

A continuación se presenta la solución, definida en varios puntos:

1. Consideraciones para la selección de la tecnología de WLAN a utilizar.
  
2. Determinación del plan de crecimiento para los estudiantes de Ingeniería.

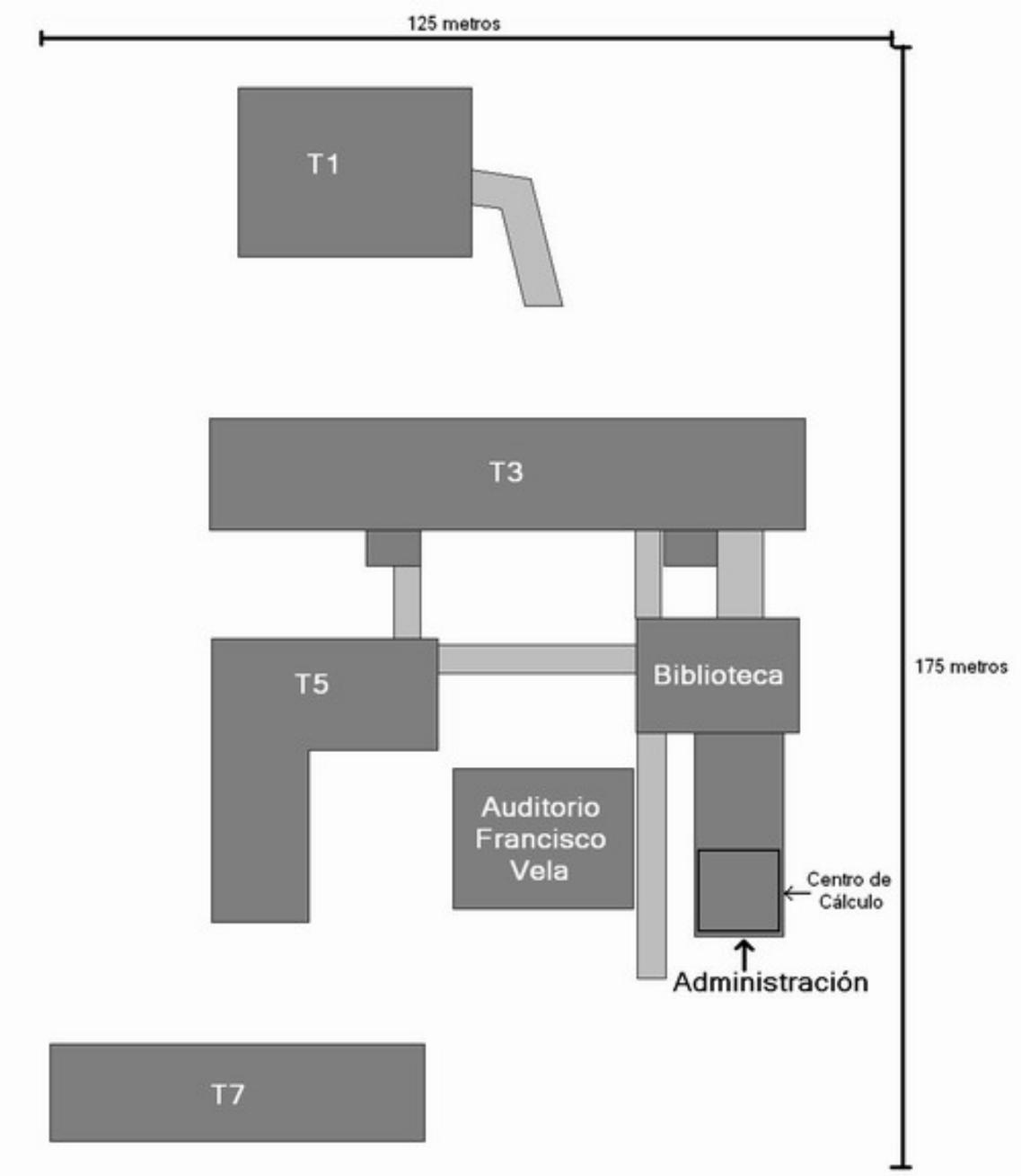
3. Determinación de la tecnología a utilizar para el despliegue de la red inalámbrica.
4. Análisis y Ubicación de los puntos de acceso para la Facultad de Ingeniería.
5. Determinación de la tecnología para los clientes de la red inalámbrica que se desea implementar.
6. Determinación del costo del equipo a utilizar.
7. Recomendaciones para la seguridad de la red inalámbrica implementada en la Facultad de Ingeniería.

### **6.3 Obtención de requerimientos**

#### **6.3.1 Requerimiento A**

Se requiere de un plano del lugar donde se desea instalar la red inalámbrica.

**Figura 19.** Plano de las instalaciones de la Facultad de Ingeniería



### **6.3.2 Requerimiento B**

Obtener información general para determinar el tamaño de la red. Se quieren obtener datos de qué personas quieren y pueden acceder a la red inalámbrica, las ubicaciones en las que desean conectarse los usuarios, que tipo de equipo utilizarán los usuarios para acceder a la red inalámbrica, cuando lo harían, para qué lo harían y qué información desean obtener al acceder a la red inalámbrica.

#### **6.3.2.1 Elaboración de la encuesta**

Para obtener esta información se realizó una encuesta con las preguntas necesarias para obtener la información que se requiere. La encuesta tiene la siguiente estructura:

**Figura 20.** Encuesta para la Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

**ENCUESTA**

Instrucciones: Por favor lea y conteste las preguntas que a continuación se le presentan. Marque con un cheque o una equis (X) la opción que más se acerque a su realidad. Recuerde que no existen respuestas incorrectas.

1. **¿Qué semestre se encuentra cursando actualmente?**  
 1-4 semestre     5-6 semestre     7-8 semestre     9-10 semestre
2. **¿Qué tanto sabe usted sobre redes inalámbricas?**  
 Nada     Poco     Más o menos     Bastante     Experto
3. **¿Utilizaría usted una red inalámbrica dentro de la Facultad de Ingeniería?**  
 Si     No
4. **¿Qué servicios desearía que fueran proveídos?(marque todas las que aplican)**  
 Asignación de Cursos y Retrasadas     Consulta de Notas y Resultados  
 Consulta de Información en Biblioteca     Inscripciones  
 Búsquedas de Información en Internet     Correo Electrónico  
 Foros de Discusión     Otros  
Especifique: \_\_\_\_\_
5. **¿Qué equipo utilizaría para acceder a esos servicios?**  
 Computadora de Escritorio     Computadora Portátil     PDAs u otros
6. **¿Desde qué parte de la Facultad de Ingeniería accedería más frecuentemente a estos servicios? (numere descendentemente)**  
 Salones de Clase     Área de Columnas     Área de Ranchitos  
 Biblioteca     Parqueo     Pasillos
7. **¿Estaría dispuesto a comprar el equipo necesario para conectar su PC a la red inalámbrica y hacer uso de sus beneficios?**  
 Si     No
8. **Si se llegara a implementar la red inalámbrica (en el mes de abril) ¿En cuanto tiempo estaría usted listo para hacer uso de la red inalámbrica?**  
 Inmediatamente     en 3 meses     en 6 meses     1 año o más     nunca

### **6.3.2.2 Delimitación del grupo a encuestar**

El grupo que se quiere estudiar es de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala que estén llevando la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Se sabe que en Ingeniería hay aproximadamente 15,000 estudiantes que están cursando diferentes carreras, de ese total un 40% se inscribe cada año a la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, lo cual es aproximadamente 6,000 estudiantes y se tienen datos que solamente el 6% de esos 6,000 estudiantes llegan al último año de la carrera, lo cual es mas o menos 350 estudiantes.

Se pretende llegar al grupo de estudiantes que estén llevando cursos desde el 5to. al 10mo. semestre, por que son estudiantes que podrían, en algún momento, llegar a utilizar esta tecnología, aunque tampoco se pretende dejar fuera a los estudiantes del primer al cuarto semestre. Se hará de esta manera para tener un grupo que abarque todos los niveles.

Se espera hacer un estudio a por lo menos 250 estudiantes que estén cursando en diferentes semestres. El grupo está compuesto por hombres y mujeres, sin hacer ninguna distinción de sexo, edad, estado social o estado económico.

### 6.3.2.3 Tabulación de los datos

Terminada la fase de pasar las encuestas, se realizan la tabulación de los mismos. Los resultados se presentan a continuación:

**Tabla XIII.** Resultados a la pregunta 1 de la encuesta

1) ¿Qué semestre se encuentra cursando?

	Respuesta	Estudiantes	Porcentaje
a)	1-4 semestre	73	23%
b)	5-6 semestre	117	37%
c)	7-8 semestre	75	24%
d)	9-10 semestre	42	13%
	<b>TOTAL</b>	<b>307</b>	<b>98%</b>

**Tabla XIV.** Resultados a la pregunta 2 de la encuesta

2) ¿Qué tanto sabe usted sobre redes inalámbricas?

	Respuesta	Estudiantes	Porcentaje
a)	Nada	19	6%
b)	Poco	145	46%
c)	Mas o menos	112	36%
d)	Bastante	29	9%
e)	Experto	8	3%
	<b>TOTAL</b>	<b>313</b>	<b>100%</b>

**Tabla XV.** Resultados a la pregunta 3 de la encuesta

3) ¿Utilizaría usted una red inalámbrica dentro de la Facultad de Ingeniería?

	Respuesta	Estudiantes	Porcentaje
a)	Si	270	86%
b)	No	44	14%
	<b>TOTAL</b>	<b>314</b>	<b>100%</b>

**Tabla XVI.** Resultados a la pregunta 4 de la encuesta

4) ¿Qué servicios desearía que fueran proveídos?

	Respuesta	Estudiantes	Porcentaje
a)	Asignación de cursos y retrasadas	270	86%
b)	Consulta de notas y resultados	279	89%
c)	Consulta de información en Biblioteca	214	68%
d)	Inscripciones	288	92%
e)	Búsquedas de información en Internet	301	96%
f)	Correo electrónico	307	98%
g)	Foros de discusión	100	32%
h)	Otros	94	30%
	<b>TOTAL</b>	-----	-----

**Tabla XVII.** Resultados a la pregunta 5 de la encuesta

5) ¿Qué equipo utilizaría para acceder a esos servicios?

	Respuesta	Estudiantes	Porcentaje
a)	Computadora de escritorio	286	91%
b)	Computadora portátil	22	7%
c)	PDA's u otros	3	1%
	<b>TOTAL</b>	<b>311</b>	<b>99%</b>

**Tabla XVIII.** Resultados a la pregunta 6 de la encuesta

6) ¿Desde qué parte de la Facultad de Ingeniería accedería más frecuentemente a estos servicios?

	Respuesta	Estudiantes	Porcentaje	Lugar
a)	Salones de clase	276	88%	1
b)	Area de columnas	56	18%	5
c)	Area de ranchitos	192	61%	3
d)	Biblioteca	125	40%	4
e)	Parqueo	12	4%	6
f)	Pasillo	202	64%	2
	<b>TOTAL</b>	-----	-----	-----

**Tabla XIX.** Resultados a la pregunta 7 de la encuesta

7) ¿Estaría dispuesto a comprar el equipo necesario para conectar su PC a la red inalámbrica y hacer uso de sus beneficios?

Respuesta		Estudiantes	Porcentaje
a)	Si	226	72%
b)	No	82	26%
TOTAL		308	98%

**Tabla XX.** Resultados a la pregunta 8 de la encuesta

8) Si se llegara a implementar la red inalámbrica (en el mes de abril) ¿En cuánto tiempo estaría usted listo para hacer uso de la red inalámbrica?

Respuesta		Estudiantes	Porcentaje
a)	Inmediatamente	34	11%
b)	En 3 meses	60	19%
c)	En 6 meses	126	40%
d)	1 año o más	38	12%
e)	Nunca	56	18%
TOTAL		314	100%

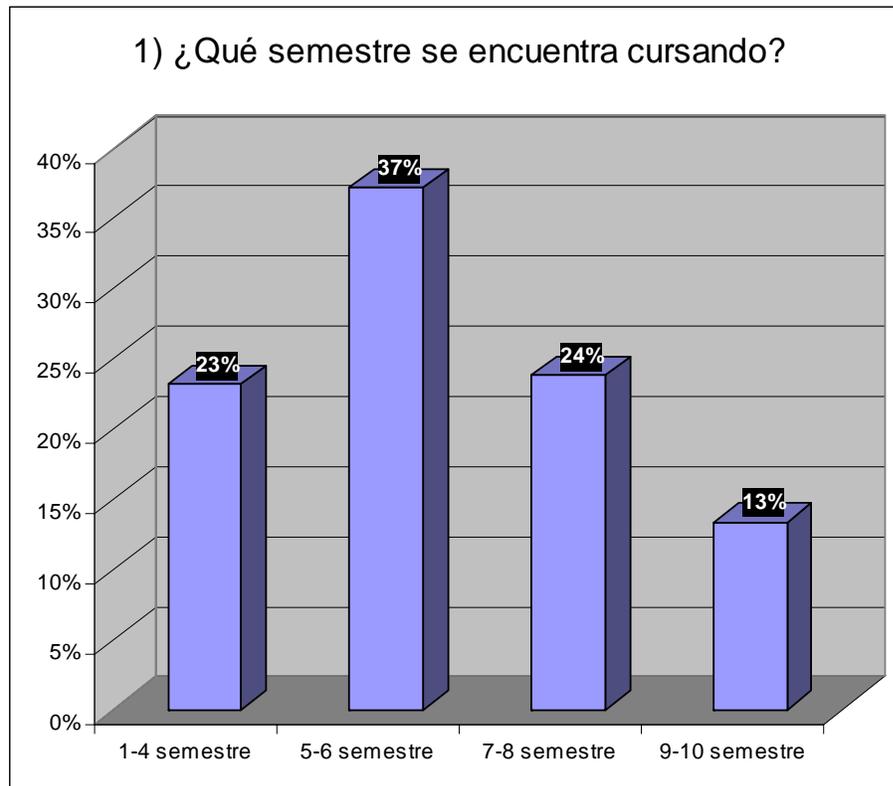
Se tabularon los datos y se presentan los mismos en total de estudiantes y porcentaje para cada una de las respuestas. Algunos totales no muestran el 100% de la muestra ya que algunos estudiantes no marcaron o marcaron de forma incorrecta a algunas de las preguntas de la encuesta.

**El total de encuestas que fue tabulado es de 314.**

Los totales que muestran una línea (-----) significa que “No Aplica” y para la pregunta 6 se tiene una columna adicional, representa el puesto, de manera descendente, que ocupa dicho lugar para acceder a la red inalámbrica.

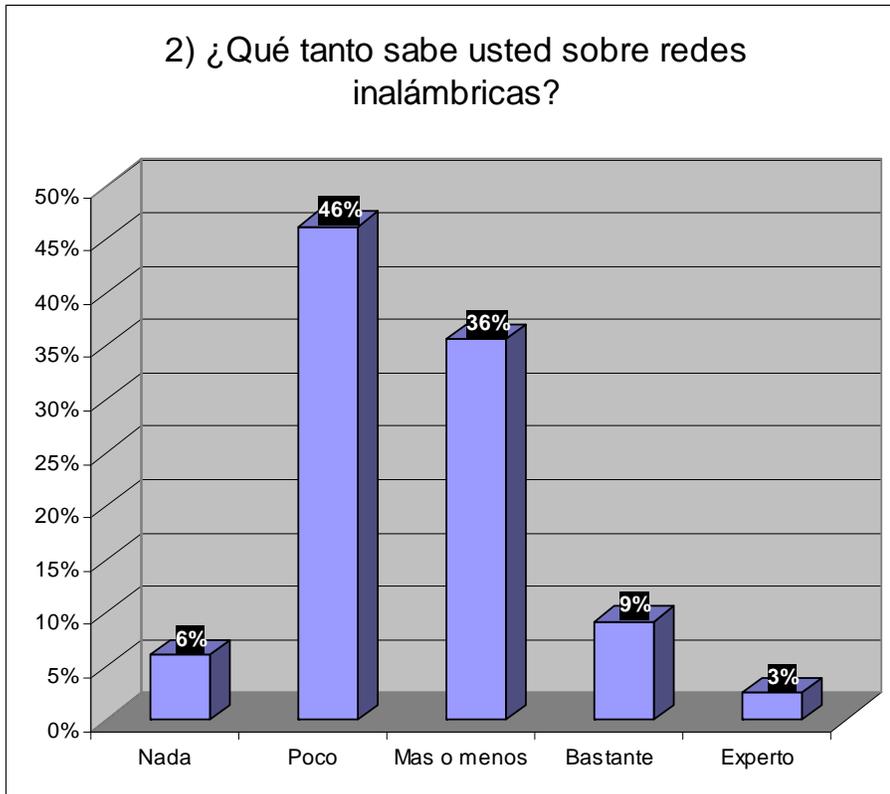
### 6.3.2.4 Análisis de Resultados de la Encuesta

**Figura 21.** Análisis de Resultados de la pregunta 1 de la encuesta



Estos resultados nos demuestran que hemos obtenido una muestra que más o menos abarca todo el grupo de estudiantes de Ingeniería en Ciencias y Sistemas. Cabe mencionar que existe un porcentaje mayor en el rango del 5to. al 10mo. Semestre que es el grupo de estudiantes que más nos interesa por que serán ellos los que tengan mayor probabilidad de usar el sistema. Este grupo representa el 75% de los encuestados.

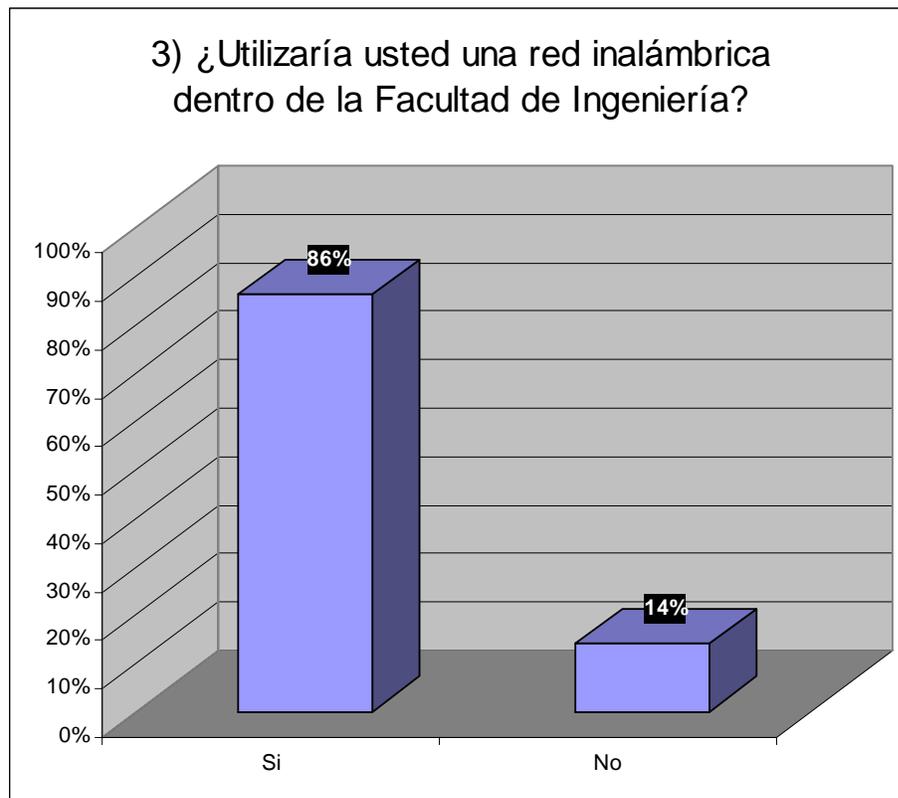
**Figura 22.** Análisis de Resultados de la pregunta 2 de la encuesta



Estos resultados demuestran que la mayoría de estudiantes tiene por lo menos unos conocimientos mínimos de las redes inalámbricas aunque ellos no sean expertos. Es interesante notar que el 6% de los estudiantes encuestados dice no conocer nada sobre las redes inalámbricas, y eso es preocupante ya que si un estudiante pretende seguir la carrera de Ingeniería en Sistemas debería por lo menos haber oído mencionar algo sobre las redes inalámbricas.

Se podría pensar entonces que este 5% es de los estudiantes que pertenecen al grupo que está en el 1er al 4to semestre de la carrera o bien que han oído hablar sobre redes inalámbricas pero no conocen sus beneficios. El otro 95% pertenece al grupo de estudiantes que tienen algún conocimiento, por mínimo que sea, de la existencia de las redes inalámbricas y podrían conocer los beneficios de el uso de una dentro de la Facultad.

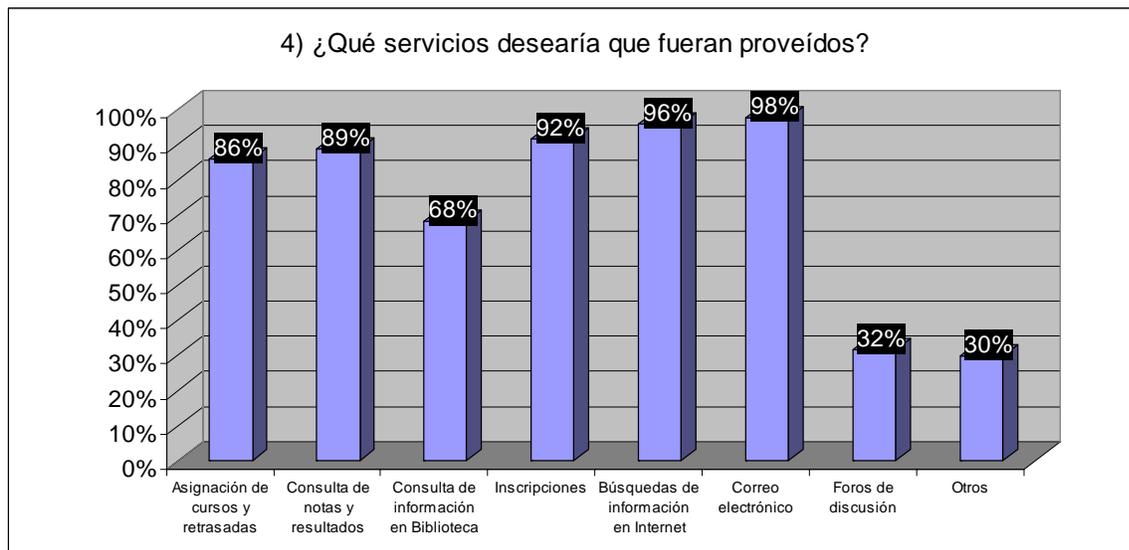
**Figura 23.** Análisis de Resultados de la pregunta 3 de la encuesta



Del total de encuestados se puede notar que el 86% utilizaría la red inalámbrica si tuvieran los medios necesarios para conectarse a la misma. El resto de los estudiantes no tiene la intención de utilizar la red inalámbrica. Estos valores son importantes para tener en cuenta la densidad de cliente a la hora de diseñar la red.

Con estos datos se podría calcular a futuro cuánta gente tendrá deseo de utilizar la red y los requerimientos de capacidad que eso conlleva.

**Figura 24.** Análisis de Resultados de la pregunta 4 de la encuesta



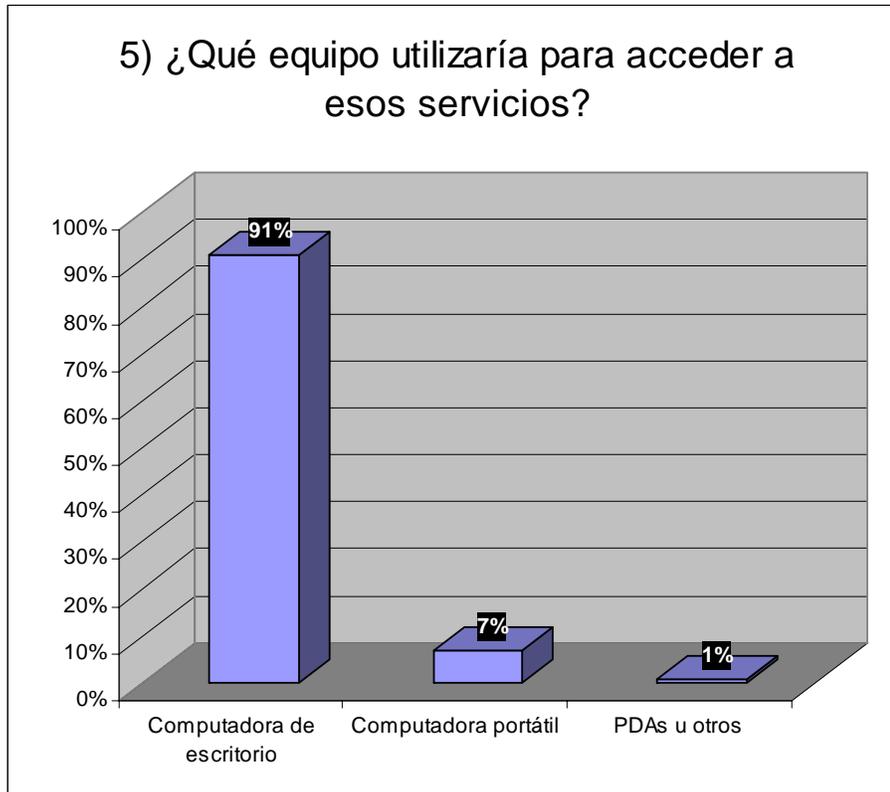
Se puede observar que existe un gran interés de los servicios que se planean proveer con este servicio. Algunos de estos servicios ya están disponibles desde hace algún tiempo y otros que fueron agregados recientemente como lo es la opción de Inscripciones en Línea.

Las Asignaciones de Cursos y Retrasadas y las Consultas ya tienen cierto tiempo de estar a disposición de los estudiantes, pero algunos de ellos no conocen o no saben donde localizar estos servicios. Los estudiantes de los últimos semestres tienen conocimiento de éstos servicios por que son exigidos por los catedráticos, ya que por medio de ésta les hacen saber a los estudiantes de avances en el curso y programación de eventos (como lo es el proyecto de la Universidad Virtual), consulta de información de la Universidad y consulta de cursos y notas en línea (página de Ingeniería, <https://www.ingenieria-usac.edu.gt/index.php>), y otros servicios.

El servicio del Correo Electrónico es primordial para el estudiante de la carrera de Ciencias y Sistemas. Entre otros servicios que el estudiante desea utilizar están los del uso de programas de mensajes instantáneos (como MSN *Messenger*, *Yahoo Messenger*, etc.), *chat* y multimedia, entre los que más se utilizan.

Con esto se puede ver que se daría un uso importante a la red si se prestan estos servicios y un mayor uso si se agregan nuevos y mejorados servicios de información.

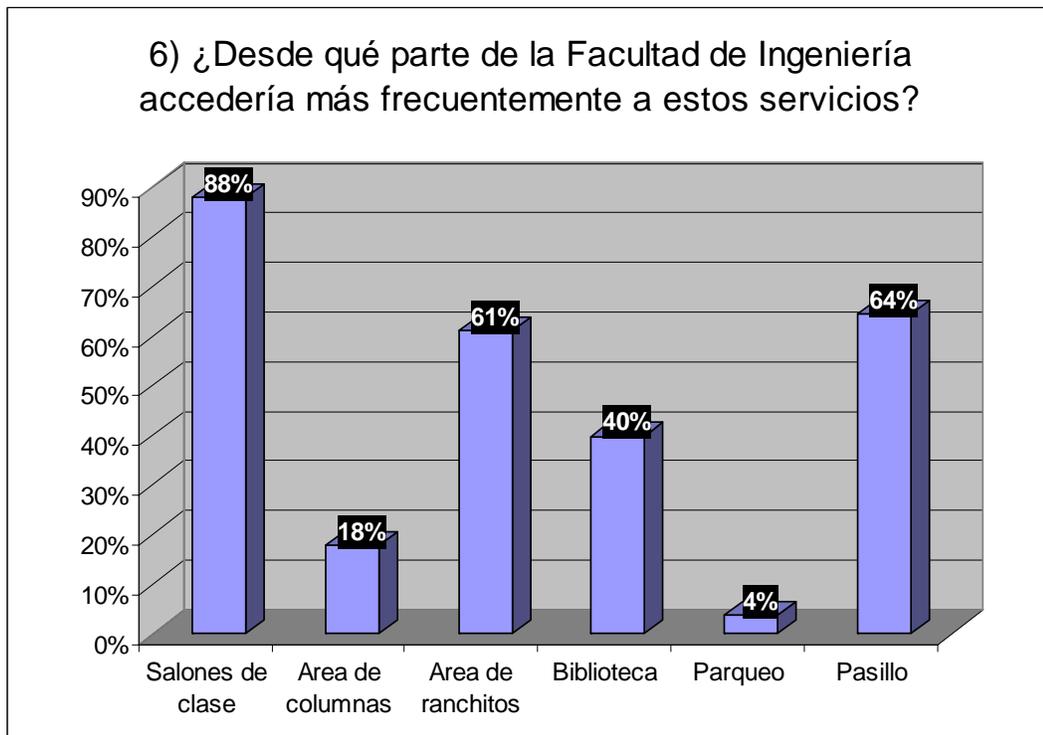
**Figura 25.** Análisis de Resultados de la pregunta 5 de la encuesta



Se puede notar que las máquinas que accederían a la red inalámbrica son computadoras de escritorio. Esto se debe principalmente a que la mayoría de los estudiantes de sistemas tienen una computadora de escritorio en su casa y ésta la movilizan hacia los salones de la Universidad ya que es aquí donde se presentan los proyectos de la carrera. Solo un porcentaje muy bajo posee o tiene la posibilidad de usar una computadora portátil para conectarse a la red inalámbrica y más de alguna persona tiene acceso a otros dispositivos capaces de conectarse a una red inalámbrica.

Estos datos servirían, para tener en cuenta a la hora de desplegar la solución, para informar a los estudiantes de las especificaciones del equipo que necesitarán para poder conectarse a la red inalámbrica. También indican que la mayoría de las computadoras van a poder movilizarse dentro de la Facultad pero estarán siempre sujetos a estar cerca de un tomacorriente, y por tal razón a restringir la ubicación de las computadoras.

**Figura 26.** Análisis de Resultados de la pregunta 6 de la encuesta



Estos resultados se ordenaron de manera descendente para determinar cuales eran las ubicaciones desde los cuales se esperaría un mayor acceso a la red por parte de los estudiantes. Algunas de estas ubicaciones no muestran valores altos ya que los encuestados no seleccionaron estas opciones por que nunca accederían a la red desde éstas ubicaciones. La siguiente tabla muestra estos valores ordenados de mayor a menor frecuencia de uso.

**Tabla XXI.** Frecuencia de Uso de ubicaciones para conectarse a la red

<b>Posición</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Ubicación</b>
1	88%	Salones de clase
2	64%	Pasillo
3	61%	Area de ranchitos
4	40%	Biblioteca
5	18%	Area de columnas
6	4%	Parqueo

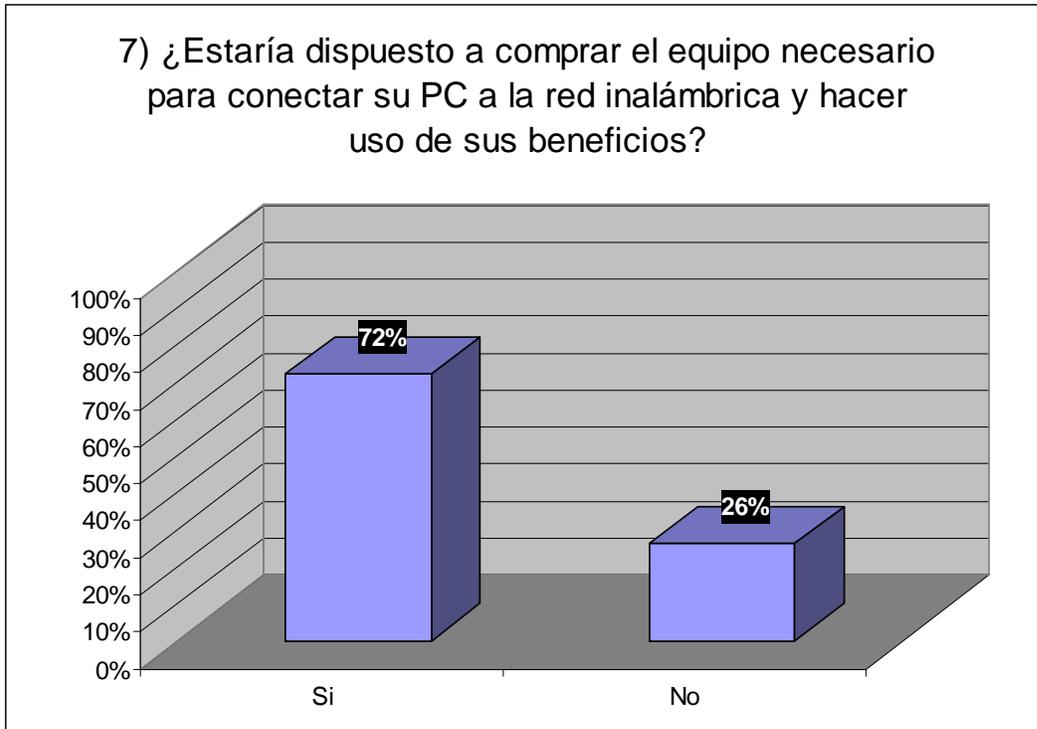
Se puede notar que existen tres ubicaciones principales donde los estudiantes accederían de manera más frecuente, estas son los salones de clase, los pasillos y el área de ranchitos. Esto se debe principalmente a que es en éstos lugares donde se encuentran la mayor cantidad de tomacorrientes donde pueden conectarse las computadoras. Además cuando van a entregar un proyecto los estudiantes se dirigen a estas ubicaciones para que los catedráticos revisen sus proyectos. Los puntos más concurridos son los salones de clase ubicados en el primer nivel del edificio T3 y los salones de clase 013 y 014. Luego están los pasillos del primer nivel y del nivel inferior del edificio T3 y por último el área de ranchitos en el cual desde hace mas o menos medio año que tienen la disponibilidad de tomacorrientes y pueden ser usados por las computadoras de los estudiantes.

Otra ubicación donde esperarían los estudiantes poder conectarse a la red es desde la biblioteca, aunque ahí existe una cantidad limitada de tomacorrientes y además no es un lugar apto para hacer revisiones de proyectos, sin embargo es un buen lugar para que personas con computadoras portátiles se conecten a la red y de ésta manera no interrumpir a sus compañeros en esta área de estudio.

Luego tenemos el área de columnas, que aunque no es muy utilizado por los estudiantes para presentar proyectos ni existe la disponibilidad de tomacorrientes, pues podría ser utilizado por personas con computadoras portátiles y otros dispositivos. Este lugar es frecuentemente usado por el área administrativa de la Facultad de Ingeniería para ciertas actividades en las que algunas veces necesitan de equipo de computación para realizar tales eventos, de ésta manera este podría ser un espacio para que el área administrativa tenga acceso a la red inalámbrica y conectarse a sus servidores para tener información actualizada sobre las actividades que realicen.

Y el área de parqueos la ubicamos en el último lugar ya que aquí no existen tomacorrientes, ni espacio para colocar el equipo, por lo tanto no es un lugar de afluencia para conectarse a la red. Sin embargo se estará dando disponibilidad a este espacio para futuras conexiones.

**Figura 27.** Análisis de Resultados de la pregunta 7 de la encuesta

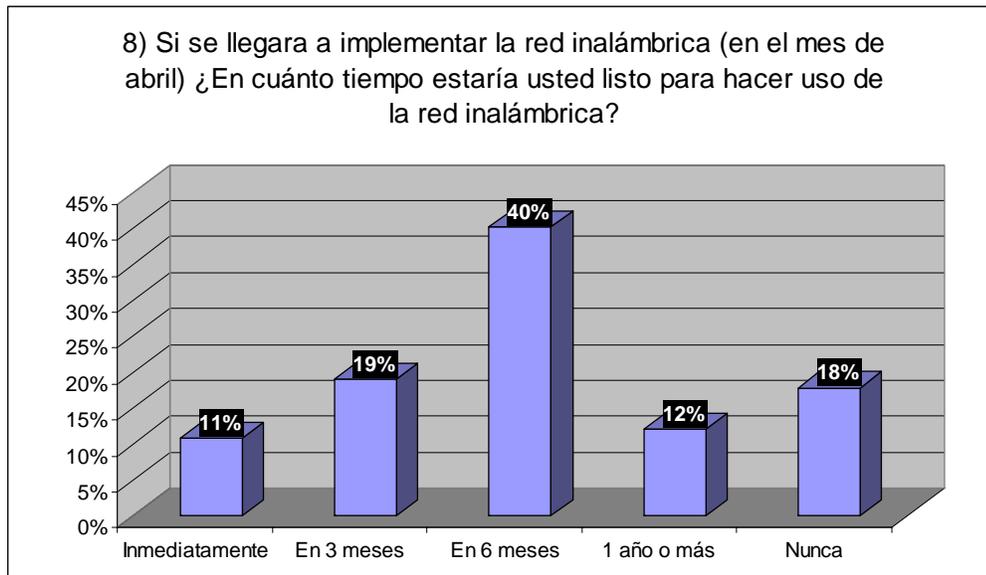


Se puede ver que hay cierto interés por parte de los estudiantes a comprar las tarjetas para conexión inalámbrica para conectar su PC a la red inalámbrica.

Aquí hay que considerar un aspecto muy importante, el del costo de las tarjetas. Si bien existe una cantidad importante de estudiantes que estarían interesados en comprar el equipo es muy probable que la mayoría no conozca los costos del mismo y al saber los precios no puedan tener la posibilidad de comprarlos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que si se empieza a promocionar el equipo para que una cantidad alta de estudiantes compren el equipo puede que se consigan precios más accesibles, además, con el paso del tiempo estos precios tenderán a disminuir y al paso de un año o menos los precios pudieran disminuir hasta la mitad del costo actual. Esto podría darse ya que actualmente se dispone de una gran cantidad de equipo compatible con el 802.11b de 11Mbps pero entrará nuevo equipo compatible con la tecnología 802.11g que trabaja a 54 Mbps y esto podría bajar más los precios de los equipos basados en 802.11b, y para empezar estaría bien.

**Figura 28.** Análisis de Resultados de la pregunta 8 de la encuesta



Como se puede apreciar en esta gráfica existe intención de utilizar la red inalámbrica. Y aunque muchas personas no conozcan mucho de ésta tecnología eso no les impide utilizarla. Por ejemplo: muchos no sabrán todo el equipo del que está compuesto un carro pero eso no les impide utilizarlo.

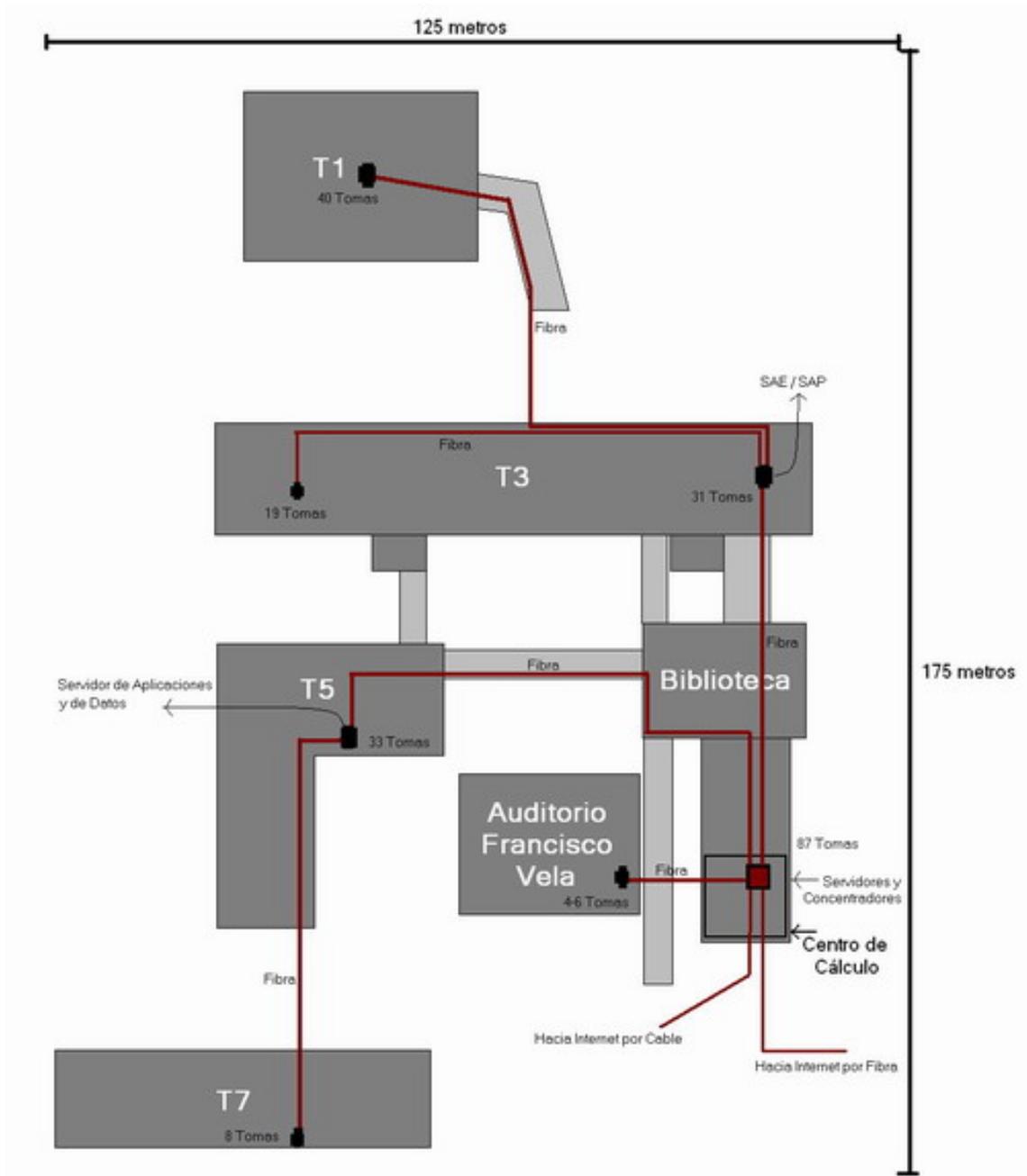
Se puede decir que un porcentaje de estudiantes tiene la posibilidad de conectarse inmediatamente a la red inalámbrica ya sea por que ya poseen equipo para conectarse o por que lo piensan adquirir inmediatamente. Otro porcentaje cree poder empezar a utilizar los beneficios de la red inalámbrica en unos tres o seis meses, otros en cambio tardarían un poco más en adquirir el equipo o esperarían a ver como funcionan los beneficios para sus demás compañeros.

Sin embargo otro porcentaje no piensan hacer uso de las ventajas de las redes inalámbricas nunca, ya bien sea por los costos o por que simplemente no tienen interés en esta tecnología. Sin embargo esto podría cambiar respecto al tiempo. Si se pudiera realizar otra encuesta igual pero al finalizar un año de uso de la red inalámbrica se podrían ver los cambios (para bien o para mal) de la implementación de ésta tecnología.

### **6.3.3 Requerimiento C**

Un diagrama de la estructura física disponible y la ubicación de la red alambrada actual. Esto servirá para crear un diseño y poder agregar el equipo alambrado necesario para desplegar los componentes del equipo inalámbrico, tales como Puntos de Acceso, Cables, Antenas, etc.

**Figura 29.** Ubicación de la red alambrada de la Facultad de Ingeniería



## 6.4 Consideraciones para la selección de la tecnología

Consideraciones para la selección de la tecnología de WLAN a utilizar.

Antes de poder dar una solución completa para el despliegue de una red inalámbrica se necesitan establecer ciertos asuntos, los cuales describiré a continuación.

Debido a que los equipos para desplegar la red inalámbrica pueden ser configurados para permitir diferentes tasas de datos a diferentes alcances, se va a tomar el poder de transmisión, las tasas de datos y los alcances como lo especifican los resultados basados en las Normas IEEE 802.11. Al finalizar, cuando se presente el equipo que se ha de utilizar para el despliegue de la solución se presentará solamente el equipo que cumpla con las especificaciones de la *Wi-Fi Alliance*, que es la encargada de certificar cualquier equipo, independientemente de quien sea su productor, que cumpla los más altos estándares de interoperatividad para la tecnología inalámbrica de transferencia de datos. Esto aplica para cualquier equipo basado en los estándares 802.11a, 802.11b u 802.11g.

La Facultad de Ingeniería ofrece varios servicios en el área administrativa, entre los cuales podemos mencionar asignación de cursos y retrasadas, consulta de notas y resultados, consulta de biblioteca e inscripciones. Esta es el área de servicios que se desea abarcar primordialmente.

Otros servicios orientados hacia los estudiantes tales como búsquedas de información en Internet, correo electrónico y foros de discusión, son permitidos por que permiten una mejor comunicación ya sea con sus demás compañeros de estudio o con los mismos catedráticos y empleados del área administrativa para resolver dudas o establecer contactos. Otros servicios tales como chateo, bajar música, bajar videos y transferencia de archivos de gran tamaño, actividades que no sirven para el estudiante en ésta Escuela de Estudio, no son permitidos. Para eso se tienen los Café Internet que se encuentran ubicados en los límites de la Universidad. Además muchos de estos servicios están restringidos debido a que consumen un alto volumen del caudal de la red actual de la Facultad de Ingeniería; de ésta manera se mantienen los canales abiertos para realizar actividades que favorezcan y ayuden a los estudiantes en sus estudios e investigaciones.

En concreto se permiten conexiones hacia la red interna de la Facultad y hacia Internet solamente en las actividades que tengan bajo consumo de caudal, permitiendo de ésta manera que muchos usuarios se puedan conectar al mismo tiempo.

Se indicó anteriormente que aproximadamente 350 estudiantes de Ciencias y Sistemas llegan al último año de la carrera. Para la solución se pretende establecer la cantidad de usuarios que tendrá la red inalámbrica después de seis (6) meses de actividad.

Con los datos tabulados anteriormente se estimó que un 86% de los estudiantes encuestados utilizarían la red inalámbrica (basados en los resultados de la pregunta 3), y un 72% estaría dispuesto a comprar el equipo necesario para conectarse a la red (basados en los resultados de la pregunta 7), y un 70% tendría a su disposición el equipo necesarios para conectarse a la red (basados en los resultados de la pregunta 8). Tomando en cuenta éstos valores se puede estimar que aproximadamente 150 estudiantes tendrán disponibilidad de conectarse a la red en un lapso de seis meses.

Por último, estimando que cada estudiante se conecte a la red una vez al día durante una (1) hora (aproximadamente 20 horas al mes), y con el servicio de conexión a la red activo durante 12 horas al día (de 8:00 AM a 8:00 PM), se tiene una densidad de cliente de 13 usuarios (por hora) utilizando la red inalámbrica, en promedio. Por supuesto que al anterior resultado se le tiene que eliminar el incremento inicial de uso que tendría la implementación de éste nuevo sistema y mientras los estudiantes se adaptan al mismo, que se espera que no dure mas allá de la primer semana de su uso. Esta densidad de cliente es el esperado para los primeros seis meses después de la implementación de la solución, en el plan de crecimiento se determinará una nueva densidad de cliente por que se espera una mayor cantidad de usuarios.

Teniendo éstos datos a la disposición, procedemos a proporcionar una solución.

### **6.4.1 Tasa de datos**

Ya se saben los alcances para interiores que tiene cada una de las tecnologías de transmisión de datos, las cuales están expresadas en la Tabla X de la sección anterior. Se tomarán en cuenta los alcances para interiores y no para exteriores ya que se espera proveer conexión a usuarios tanto fuera como dentro de los edificios, aunque al final se coloquen Puntos de Acceso para exteriores.

El alcance para tasas de datos de 1 Mbps en la banda de los 2.4GHz del 802.11b es de aproximadamente 107 metros. Por lo tanto, si se colocan unos cuantos Puntos de Acceso se cubrirán satisfactoriamente la mayoría del área de Ingeniería. Y ya que la mayoría de los servicios que prestará la red será para obtener cantidades de información reducidas (como ya se especificó anteriormente), la tasa de datos mínima de 1 Mbps es suficiente para los usuarios que tengan la peor señal de recepción.

Debido a que se van a utilizar las tasas de datos mas bajas para los Puntos de Acceso, quiere decir que se utilizará una menor cantidad de ellos para abarcar un área más grande. A un menor número de Puntos de Acceso en la solución, menor será el costo para el despliegue del mismo. Además, si se utilizan las tasas de datos más bajas (las de 1 Mbps) se estará permitiendo el soporte a clientes con tarjetas que soporten tecnologías mas antiguas como las del 802.11b. Por último,

### 6.4.2 Caudal

El caudal no debe ser confundido con la tasa de datos. El caudal es la información real que el usuario de la red solicita. La tasa de datos es esa información real mas la sobrecarga de datos asociada a la transmisión de esa información, ya sea sobre una red alamburada o una red inalámbrica.

Los principales servicios proveídos desde la red inalámbrica serán los de páginas de Internet las cuales consumen solamente un caudal promedio de 100 Kbps por página. Teniendo la densidad de cliente esperada para el primer semestre, de 13 usuarios por hora, se puede determinar que el caudal, teniendo a todos los usuarios accediendo a la red simultáneamente, es de 1.3 Mbps, y agregando una sobrecarga de datos a la red inalámbrica de un 35%, el ancho de banda que se necesitaría para transportar la información simultáneamente a todos los usuarios sería de 1.76 Mbps.

En otras palabras la tasa de datos de 2 Mbps del 802.11b es suficiente para soportar el caudal de información para esa cantidad de clientes, esto es solamente si todos los usuarios están lejos del Punto de Acceso y solo logran obtener esa velocidad de transmisión. En la realidad no es así, todos los usuarios estarán a diferentes distancias de los Puntos de Acceso y por lo tanto la tasa de datos máxima de 11Mbps del 802.11b es más que suficiente.

Por el momento no es necesaria una tasa de datos mayor por que las transferencias de datos en grandes cantidades esta restringida de la red.

### **6.4.3 Rendimiento**

Entre los factores que podrían degradar el rendimiento de la red inalámbrica, se encuentran factores tales como interferencia por microondas, teléfonos inalámbricos, canales iguales y tecnología Bluetooth. De entre éstos no se han encontrado equipos que puedan interferir en la señal, a excepción de los microondas, pero éstos degradan la señal solamente del Punto de Acceso donde se encuentre más cerca. Esta interferencia tampoco dura mucho tiempo como para tomarla en cuenta y hacer cambios en la solución, solo es de aprender a convivir con ella. Además muchos de los usuarios ni siquiera se darían cuenta.

Cualquiera de las dos bandas de radio frecuencia sobre las que trabajan las redes inalámbricas es buena para desplegar una solución.

### **6.4.4 Alcance y Cobertura**

Definiré alcance como la distancia máxima que puede alcanzar la señal de radiofrecuencia en condiciones ideales y definiré cobertura como el área a la que se desea que llegue la señal de radio frecuencia en una ubicación determinada. Por tanto, todas las empresas tienen requerimientos de cobertura diferentes y cada tecnología de transmisión de datos ofrece un alcance diferente y es el juego de ellas la que ofrece la mejor solución a las necesidades del cliente.

El área de cobertura, como se nota en la Figura 19, es de unos 22,000 metros cuadrados. Pero el alcance de los Puntos de Acceso en exteriores a una tasa de 2 Mbps del 802.11b (450 metros) es más que suficiente para abarcar toda el área.

## **6.5 Determinación de la tecnología a utilizar**

Determinación de la tecnología a utilizar tomando en cuenta las recomendaciones de capítulos anteriores.

Debido a la gran cantidad de dispositivos disponibles actualmente para el estándar 802.11b, ya sea para los clientes o bien los Puntos de Acceso, es una buena solución ya que esto permite una mayor competencia en este mercado y la oportunidad de obtener más beneficios en el producto que se compra, pero la máxima tasa de datos es de 11 Mbps. Si se toma en cuenta la máxima tasa de datos que pueda ofrecer una tecnología, entonces nuestra mejor opción serían los dispositivos basados en el estándar 802.11a que trabaja a 54 Mbps pero en otra banda de frecuencia (la de los 5 GHz), aunque esta no es una buena opción desde el punto de vista de la disponibilidad de dispositivos para conectarse a las redes que soportan la banda de los 5 GHz. Es más, aquí en Guatemala casi no hay disponibles equipo que soporte el estándar 802.11a, por lo que, al momento, la mejor opción sigue siendo el 802.11b de 11 Mbps en la banda de frecuencia de 2.4 GHz.

Aunque hay que tomar en cuenta que a mediados del año 2003 se terminó y aprobó el estándar 802.11g que tiene una tasa de datos máxima de 54 Mbps y trabaja en la banda de frecuencia de 2.4 GHz, teniendo de ésta manera un mejor ancho de banda, además de ofrecer compatibilidad con el equipo ya existente sin la necesidad de botar el equipo basado en 802.11b. Esto disminuiría costos a la mayoría de estudiantes, ya que la mayoría de las nuevas computadoras portátiles cuentan actualmente con tarjetas de red inalámbrico que soporta el estándar 802.11b; por ésta razón, si la solución se basa en el estándar 802.11a, muchos estudiantes tendrían que comprar equipo nuevo y esto podría disminuir la cantidad de estudiantes que utiliza la red inalámbrica, y no es esto lo que se desea.

Además existe en el mercado mucho equipo basado en la banda de los 2.4 GHz. Aunque el costo de nuevo equipo podría ser mayor, se tiene la seguridad que con el tiempo el costo de este equipo estaría disminuyendo.

Teniendo en cuenta la tasa de datos (de 54 Mbps), el ahorro en los costos (para la Universidad y para los usuarios), la disponibilidad de equipo, el alcance (máximo en interiores de 124 m. a 1 Mbps, máximo en exteriores de 610 m a 1 Mbps) y la compatibilidad con equipo ya existente basado en el estándar 802.11b, entonces la tecnología que se va a utilizar en **los Puntos de Acceso será en el estándar IEEE 802.11g en 2.4 GHz de 54 Mbps.**

Además que soporta eficientemente todas las aplicaciones actualmente disponibles para los estudiantes, soporta la densidad de cliente esperada para los primeros dos años con un amplio margen y además se cubrirán, desde su implantación, requerimientos de crecimiento pronosticado para los próximos 10 años, como se indicará en la sección del Plan de Crecimiento.

## **6.6 Análisis para ubicación de los puntos de acceso**

Los datos que se obtuvieron de la encuesta que se pasó a los estudiantes de Ingeniería en Ciencias y Sistemas sirven para tener cierta idea de donde podrían estar colocados los puntos de acceso para que la mayoría de usuarios pueda tener un rendimiento (*Performance*) razonablemente bueno para la utilización de los servicios que ofrece la red inalámbrica.

Podemos observar entonces que un porcentaje muy alto (94%) de los estudiantes tienen algún conocimiento de las redes inalámbricas y de alguna manera conoce los beneficios de la implementación de una red de éste tipo. También se puede observar que un porcentaje bastante alto (86%) de estudiantes utilizarían la red inalámbrica si se implementara en la Facultad de Ingeniería. Y otro porcentaje (72%) de los estudiantes estarían dispuestos a comprar el equipo necesario para conectar su PC a la red inalámbrica.

**En resumen se puede decir que existe un alto interés por el uso de la red inalámbrica y los beneficios que ésta conlleva.** También es interesante notar que los estudiantes estarían dispuestos a comprar de forma inmediata o en un lapso de tiempo más o menos corto el equipo necesario para poder conectarse a la red inalámbrica. Hacer del conocimiento público la disponibilidad de la red inalámbrica para uso de todos los estudiantes haría que la red fuera más utilizada y por tal razón la Densidad de Cliente aumentaría, así como también se tendría que tener una capacidad mayor para soportar el volumen de información que se espera manejar.

Ahora nos enfocaremos en la información necesaria para la colocación de los puntos de acceso.

Al hacer un análisis del equipo que los estudiantes utilizarían para conectarse a la red inalámbrica, nos damos cuenta que el 91% de este equipo es de computadoras de escritorio. Ahora bien éstas siguen teniendo una restricción en cuanto al movimiento y ubicación en las áreas disponibles en la Facultad de Ingeniería, el cual es que todas las computadoras de escritorio tienen que conectarse directamente a una fuente de poder, o sea, donde haya un tomacorriente.

Entonces, la ubicación de las computadoras portátiles está restringida a ubicaciones donde de encuentren tomacorrientes. Por experiencia, existen actualmente ciertas ubicaciones donde los estudiantes conectan más frecuentemente las computadoras. Estos son:

- Edificio T3 – Nivel 0 – Salones 013 y 014 y pasillos hasta la escuela de sistemas.
- Edificio T3 – Nivel 1 – Últimos salones y pasillos.
- Edificio T3 – Nivel 2 – Últimos salones y pasillos.
- Frente a T3 – Área de ranchitos (con disponibilidad de tomacorriente).

Otros lugares donde se podrían conectar computadoras son:

- En la biblioteca de la Facultad de Ingeniería.
- En el Área de columnas del T3.
- Cerca del IUSI en el primer nivel del T3.

Y últimamente en una ubicación reservada solamente para revisión de proyectos de la Carrera de Ciencias y Sistemas:

- T7 – Nivel 1 – Salón 103 (Revisión de Proyectos).

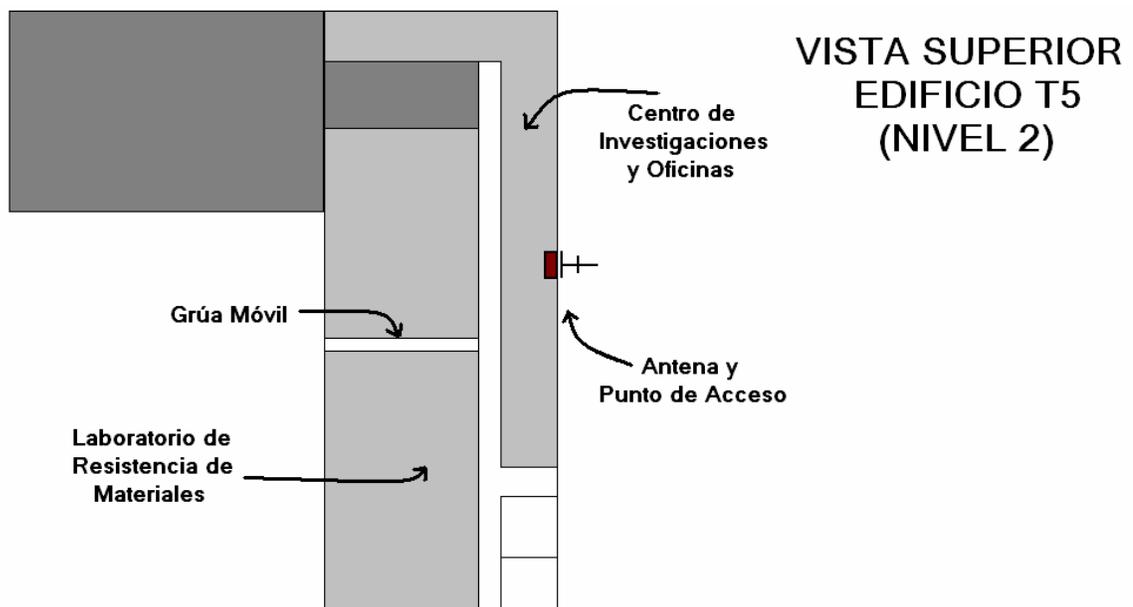
### **6.6.1 Ubicación de los puntos de acceso**

Los resultados de la encuesta presentan las siguientes ubicaciones y su preferencia para conectar las computadoras en esos lugares. Los resultados se muestran en la Tabla 21, en la sección “6.3.2.4 Análisis de Resultados”.

Primer AP: Se puede notar que el área de salones de clases, los pasillos y el área de ranchitos sería el área más concurrida para el acceso a la red inalámbrica, y es lo mismo que las ubicaciones que actualmente se utilizan para conectar las computadoras de escritorio al tomacorriente, esto es, cerca de aquí se deberá colocar un Punto de Acceso (AP) que abarque esta región y de conexión a los estudiantes que aquí se ubiquen.

La ubicación del AP en esta ubicación dará señal al edificio T5, todos los salones de los niveles del edificio T3, el área de ranchitos, y el área de parqueos.

**Figura 30.** Planta Edificio T3 y la ubicación del Punto de Acceso

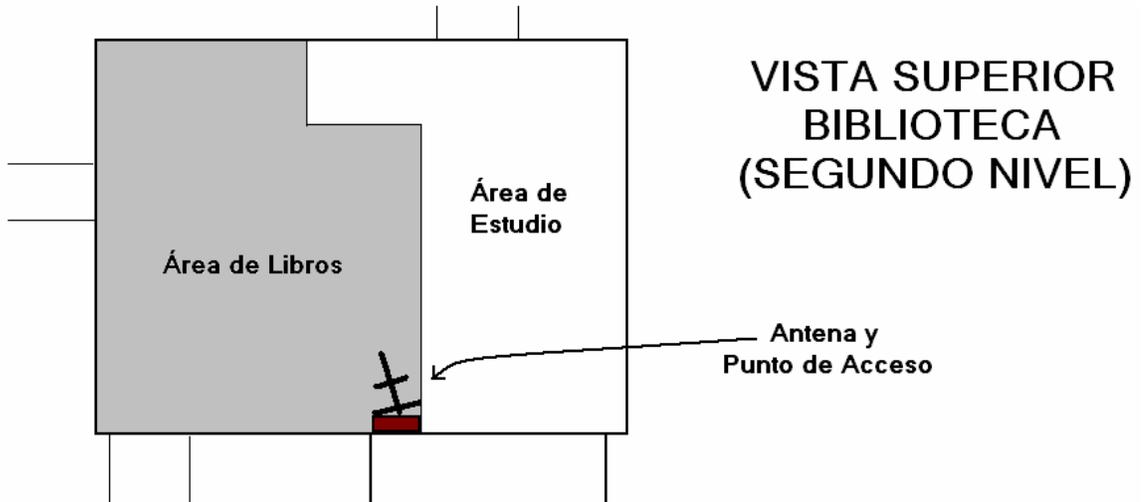


El AP en esta ubicación puede tener conectada una antena omnidireccional para que su señal abarque el edificio T5 y T3 o puede tener una antena “parche” (*Patch*) orientada hacia el edificio T3, ya que es éste el que va a gozar de una mayor señal; en último caso el AP que se colocará en el T7 sería el que le entregara señal al edificio T5.

Segundo AP: Otra ubicación donde se espera un caudal de clientes grande es en el área de Biblioteca. En este lugar, pero en la planta baja, se realizan ciertas actividades, como inscripciones, asignaciones de cursos, elecciones y otro tipo de actividades en las que a veces es necesario el acceso a la red de la Facultad y no existe tomas para conexión a la red local, sin embargo colocando aquí un AP se podrían ampliar las soluciones.

Colocando un AP en la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería se dará señal a la Biblioteca, el área de columnas, el área administrativa y Centro de Cálculo, el jardín interno de la Facultad y (no menos importante) a todos los niveles del edificio T3, donde se encuentran mas cerca el IUSI (nivel 1), la AEI (nivel 1), la cafetería (nivel 0), el SAE/SAP (nivel 2) y el LCE (Laboratorio de Cómputo Estudiantil) ubicado en el tercer nivel.

**Figura 31.** Planta Edificio Biblioteca y la ubicación del Punto de Acceso

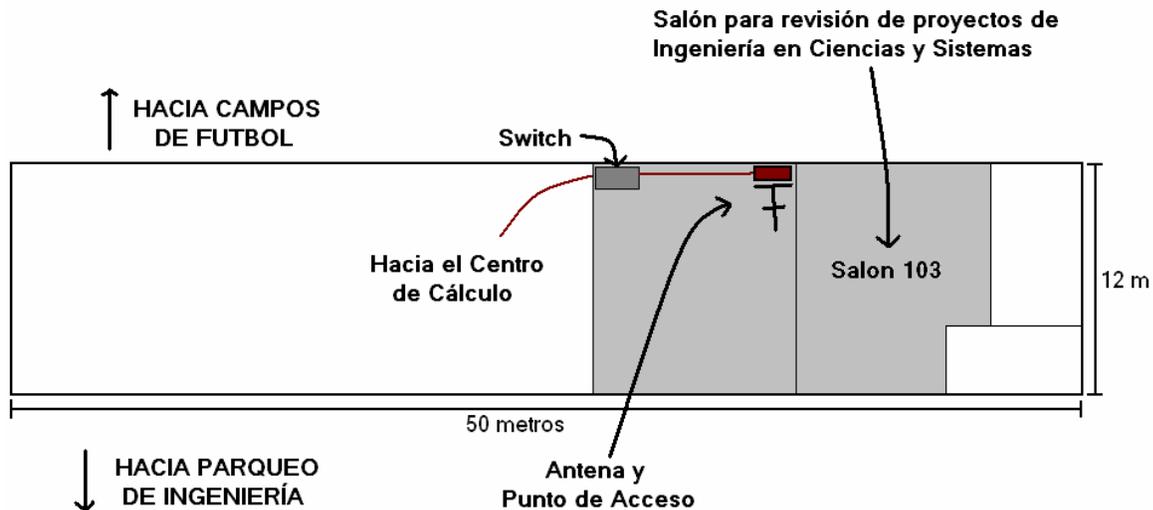


En esta ubicación el AP estará colocado en el segundo nivel, dentro de la Biblioteca y la antena puede ser omnidireccional.

Tercer AP: El siguiente AP estará ubicado muy cerca del salón 103 del edificio T7. El salón 103 acaba de ser habilitado con 32 tomas categoría 6 para conexión a la red actual de la Facultad de Ingeniería. Muchas personas no conocen aún estas instalaciones pero con el paso del tiempo serán parte fundamental para la realización y revisión de proyecto de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.

**Figura 32.** Planta Edificio T7 y la ubicación del Punto de Acceso

**VISTA SUPERIOR  
EDIFICIO T7**

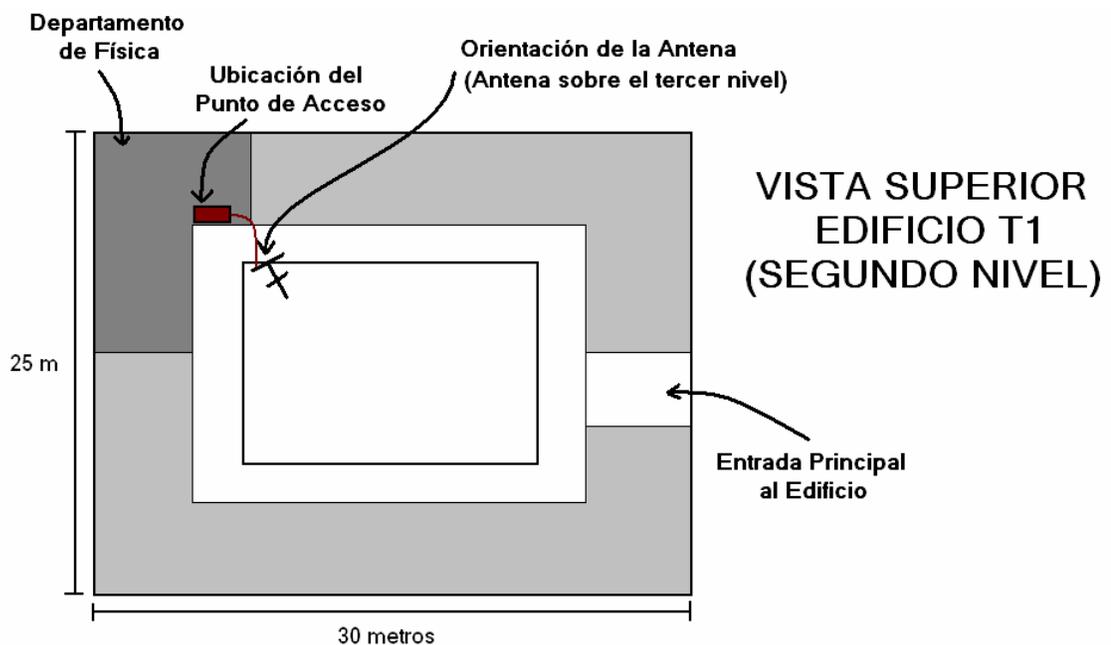


Esta ubicación proveerá señal al edificio T7, el parqueo de ingeniería y al edificio T5. El punto de acceso estaría localizado en el salón contiguo al salón 103, donde está ubicado el *switch* que provee de la conexión de las 32 tomas de red del salón 103.

El AP podría estar colocado junto con el *switch* y por medio de un cable la antena podría estar colocada mas cerca del salón 103 o también se podría colocar el AP y la antena en el mismo lugar, cerca del salón 103 y conectar el AP hacia el *switch*. La antena a utilizar en este lugar será una *Patch* orientada hacia el parqueo de Ingeniería. También se puede colocar una antena omnidireccional para dar señal al área de los campos de fútbol pero no se espera gran afluencia de usuarios en esta zona por no haber tomas de corriente.

Cuarto AP: Una última ubicación estaría localizada en el edificio T1, donde también se espera gran afluencia de usuarios. Colocando un AP dentro del edificio T1 se daría señal a todo el edificio, a la parte trasera del edificio T7 donde está el parqueo de Ingeniería, y a parte de Arquitectura y de su parqueo.

**Figura 33.** Planta Edificio T1 y la ubicación del Punto de Acceso

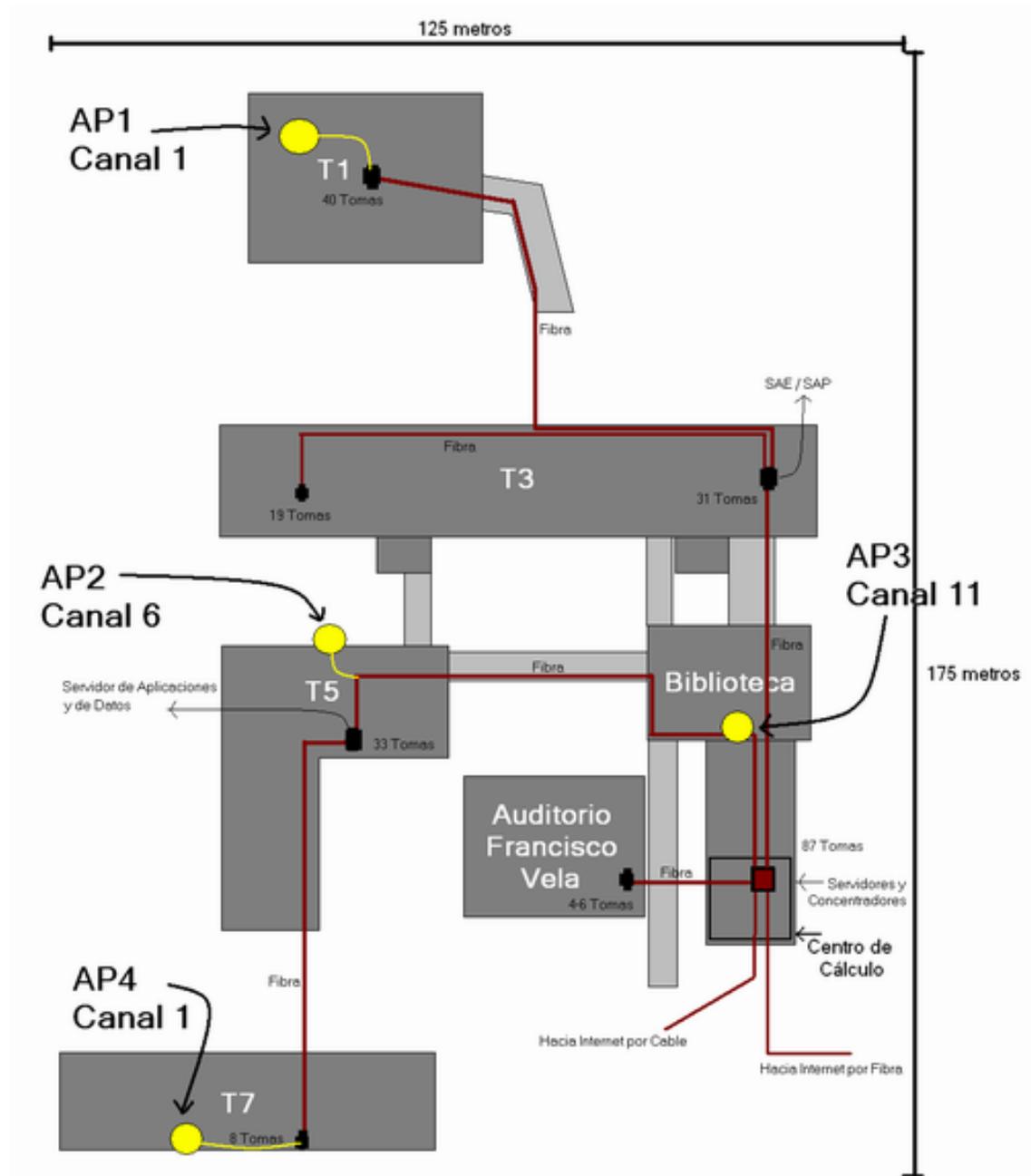


El AP estaría colocado dentro del departamento de Física donde se encuentran varios servidores que tienen conexión hacia la red alamburada actual y la antena estaría ubicada en la parte interior del edificio, sobre el tercer nivel y apuntando hacia adentro del edificio. La antena que se debería colocar en esta ubicación debería ser omnidireccional para dar señal a todas las ubicaciones anteriormente mencionadas.

### **6.6.2 Gráfica de ubicación de los Puntos de Acceso**

Teniendo en cuenta las ubicaciones de todos los AP, podemos observar en la siguiente figura cómo quedarían ubicados los AP en la Facultad de Ingeniería de la USAC.

**Figura 34.** Planta Facultad de Ingeniería y la ubicación de los Puntos de Acceso



Como se podrá dar cuenta, los AP están bien distribuidos y de esta manera se cubrirá satisfactoriamente la mayor parte de la Facultad de Ingeniería. Hay que tener en cuenta también que solamente se dispone de tres canales para uso sin interferencias, por tal razón los dos AP configurados en el canal 1 están lo más alejados posible para que se cause la mínima interferencia posible. Como se había mencionado anteriormente los AP cumplen con las especificaciones de la norma IEEE 802.11g que también es compatible hacia atrás con tecnologías basadas en la norma IEEE 802.11b.

### 6.6.3 Especificaciones y beneficios de la tecnología utilizada

Se presentan a continuación algunas características y beneficios que se obtiene al utilizar tecnología basada en los estándares 802.11b y 802.11g.

**Tabla XXII.** Beneficios de la tecnología del 802.11b/g

<b>Característica</b>	<b>Beneficio</b>
<b>Rendimiento en la Empresa</b>	
Radio de 2.4 GHz en 802.11g o 802.11b, configurable hasta 100 mW	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto rendimiento de red inalámbrica de 2.4 GHz que entrega tasas de datos a 11 Mbps (802.11b) o 54 Mbps (802.11g) con compatibilidad hacia atrás de equipo basado en 802.11b.</li> <li>• Diseño del transmisor y receptor de alta calidad provee largo alcance y cobertura</li> </ul>

	confiable.
Soporte de Redes Virtuales (VLAN)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite segmentación de hasta 16 grupos de usuarios.</li> <li>• Incrementa la flexibilidad, acomodando a clientes con diferentes requerimientos de seguridad y capacidades.</li> </ul>
Calidad de Servicio (QoS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioriza el tráfico para diferentes requerimientos de aplicación</li> <li>• Mejora la experiencia de voz y video para el usuario.</li> </ul>
Servicios de Dominio Inalámbrico (WDS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta la administración de agregación de radio, <i>roaming</i> rápido y seguro y enlace WAN remoto</li> </ul>
<i>Roaming</i> Rápido y Seguro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite autenticación de dispositivos de cliente y hacia <i>roaming</i> seguro de un AP a otro.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta aplicaciones sensibles al retardo como VoIP, ERP y <i>Citrix</i>.</li> </ul>
Supervivencia de Sitio Remota de Enlace WAN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permite a los AP actuar como servidores RADIUS para servir a clientes inalámbricos de autenticación a IEEE 802.1X</li> </ul>
<b>Seguridad</b>	
WEP de 40 bit, 128 bit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta métodos de seguridad basados en estándares para la interoperabilidad.</li> </ul>
Suite de Seguridad Inalámbrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de seguridad WLAN</li> <li>• Defensa contra ataque de seguridad activos y pasivos</li> <li>• Listas de acceso de usuarios por autenticación basada en EAP y 802.1X.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte de Servidores RADIUS para el registro de acceso de usuarios.</li> <li>• Soporte para <i>Wi-Fi Protected Access (WPA)</i>, la nueva especificación de la Alianza <i>Wi-Fi</i> para interoperabilidad, seguridad LAN inalámbrica basada en estándares.</li> </ul>
<b>Disponibilidad</b>	
En Espera en Caliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un fallo hará que el AP pase a estado En Espera.</li> </ul>
Balanceo de Carga	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribuye las conexiones de usuarios a través de AP disponibles.</li> <li>• Optimiza la transferencia real agregada.</li> </ul>
Escala Automática de Tasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sostiene conectividad a grandes distancias.</li> </ul>
<b>Despliegue Simplificado</b>	
Orientaciones de Montaje Flexibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporta instalación en un amplio rango de localizaciones, incluyendo paredes, techos, escritorio, y particiones de cubículos.</li> </ul>
Antenas Integradas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura compacta de antena</li> <li>• Patrón de cobertura esférica optimizada para cualquier orientación.</li> <li>• Antenas de Diversidad mejoran la confiabilidad en ambientes de múltiples caminos tales como oficinas.</li> </ul>
Selección Automática de Canal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determina y Selecciona el canal de menor congestión.</li> </ul>
Cliente de DHCP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtiene automáticamente una dirección IP del Servidor de DHCP.</li> </ul>

Una observación con los datos presentados anteriormente es que el equipo que se estudió para la realización de esta solución tiene las características y las especificaciones aquí mencionadas, pero estos valores solamente deben ser tomados como una guía para la implementación del sistema. De tal forma, el equipo de algunos vendedores podrán tener más o podrán tener menos características y beneficios y también podrán ser diferentes algunas especificaciones del equipo, tales como alcance, tasa de datos, transferencia real, sensibilidad del receptor, entre otras.

La siguiente tabla muestra algunas especificaciones para los Puntos de Acceso que cumplan con los estándares 802.11b y 802.11g, utilizados en la solución para la red inalámbrica de la Facultad de Ingeniería.

**Tabla XXIII. Especificaciones de Punto de Acceso 802.11b/g**

<b>Tasas de Datos Soportadas</b>	802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps 802.11g: 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps
<b>Estándar de Red</b>	IEEE 802.11b o IEEE 802.11g
<b>Banda de Frecuencia</b>	802.11b: 2.412 a 2.462 GHz (FCC) 2.412 a 2.472 GHz (ETSI) 2.412 a 2.484 GHz (TELECOM) 2.432 a 2.447 GHz (Israel) 802.11g: 2.412 a 2.462 GHz (FCC) 2.412 a 2.472 GHz (ETSI) 2.412 a 2.484 GHz CCK (TELECOM) 2.432 a 2.472 GHz OFDM (Israel) 2.432 a 2.447 GHz (Israel)
<b>Tipos de Arquitectura de Red</b>	Infraestructura, topología en estrella
<b>Medio inalámbrico</b>	802.11g: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) 802.11b y 802.11g: Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
<b>Protocolo de Acceso al Medio</b>	Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA)
<b>Modulación</b>	802.11g: OFDM BPSK @ 6 y 8 Mbps QPSK @ 12 y 18 Mbps 16-QAM @ 24 y 36 Mbps 64-QAM @ 48 y 54 Mbps 802.11b y 802.11g: DSSS DBPSK @ 1 Mbps DQPSK @ 2 Mbps CCK @ 5.5 y 11 Mbps
<b>Canales de Operación</b>	802.11b ETSI: 13; Israel: 4; Americas: 11; TELECOM (Japon): 14 802.11b ETSI: 13; Israel: 4; Americas: 11; TELECOM (Japon): CCK-14, OFDM-13
<b>Canales no traslapados</b>	Tres
<b>Sensibilidad de Receptor</b>	802.11b: 1 Mbps: -94 dBm 2 Mbps: -91 dBm 5.5 Mbps: -89 dBm 11 Mbps: -85 dBm 802.11g: 1 Mbps @ -94 dBm 2 Mbps @ -91 dBm 5.5 Mbps @ -89 dBm 6 Mbps @ -90 dBm 9 Mbps @ -84 dBm 11 Mbps @ -88 dBm 12 Mbps @ -82 dBm 18 Mbps @ -80 dBm 24 Mbps @ -77 dBm 36 Mbps @ -73 dBm 48 Mbps @ -72 dBm 54 Mbps @ -72 dBm
<b>Ajustes de Poder de Transmisión Disponibles</b>	802.11b y 802.11g (CCK): 100 mW (20 dBm) 50 mW (17 dBm) 30 mW (15 dBm) 20 mW (13 dBm) 5 mW (7 dBm) 1 mW (0 dBm) 802.11g (OFDM): 50 mW (17 dBm) 30 mW (15 dBm) 20 mW (13 dBm) 5 mW (7 dBm) 1 mW (0 dBm) Nota: Los ajustes de poder máximo variarán de acuerdo a las regulaciones de país individual
<b>Alcance (Típico)</b>	<b>Interiores:</b> 802.11g (30 mW con antena dipolar de diversidad con ganancia de 2.2 dBi) 27 m @ 54 Mbps 29 m @ 48 Mbps 30 m @ 36 Mbps 42 m @ 24 Mbps 54 m @ 18 Mbps 64 m @ 12 Mbps 76 m @ 9 Mbps 91 m @ 6 Mbps 802.11b (100 mW con antena dipolar de diversidad con ganancia de 2.2 dBi) 48 m @ 11 Mbps 67 m @ 5.5 Mbps 82 m @ 2 Mbps 124 m @ 1 Mbps

## 6.6.4 Determinación de la tecnología para los clientes

### 6.6.4.1 Adaptadores para cliente

Existen varias soluciones para los clientes de redes inalámbricas. Los adaptadores para cliente inalámbrico agregan movilidad y flexibilidad a la productividad habilitando a los usuarios a tener acceso a la red y a Internet desde cualquier lugar dentro de la Facultad de Ingeniería sin las limitantes de una estructura alamburada de red. La solución de adaptadores cliente combina la movilidad con el rendimiento, la seguridad y administración que los usuarios esperan.

Los adaptadores para cliente inalámbrico conectan una variedad de dispositivos a una red inalámbrica ya sea en el modo *ad-hoc* (par-a-par) o en el modo infraestructura con los Puntos de Acceso (AP).

Los adaptadores están disponibles en dos tipos de tarjetas

- *PC Card* (PCMCIA), para computadoras portátiles y
- *Peripheral Component Interconnect* (PCI), para computadoras de escritorio.

Estos adaptadores conectan de forma inalámbrica los dispositivos de computación móviles y de escritorio con todos los recursos de la red. Con estos productos se pueden agregar instantáneamente nuevos usuarios a la red, soportar grupos de trabajo temporales y permitir el acceso a Internet desde cualquier lugar dentro de la Facultad.

Dentro de los adaptadores se pueden encontrar una serie de equipos con diferentes características:

**Tabla XIV.** Características de adaptadores para clientes

Estándar de Red	Tasa de Datos Soportados	Banda de Frecuencia	Interfaz del Sistema
IEEE 802.11b	1, 2, 5.5, 11 Mbps	2.4 GHz	PC Card (PCMCIA) Type II, PCI
IEEE 802.11a	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	5 GHz	PC Card (PCMCIA) Type II, PCI
IEEE 802.11a/b/g	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps	2.4 y 5 GHz	PC Card (PCMCIA) Type II, PCI

De éstos solo nos va a interesar el equipo compatible con el estándar 802.11b y 802.11g, ya que los puntos de acceso colocados están basados en el estándar 802.11b/g. Estas son las especificaciones básicas que debe tener el equipo que será compatible con los Puntos de Acceso instalados en la Facultad de Ingeniería.

#### 6.6.4.2 Clientes 802.11b

Se muestra a continuación las especificaciones de los adaptadores para cliente compatible con el estándar 802.11b para que los estudiantes que deseen comprar el equipo tengan un conocimiento más amplio del equipo que están comprando.

**Figura 35.** Adaptadores Cliente 802.11b



**Tabla XXV. Especificaciones de Adaptadores Cliente 802.11b**

<b>Tasas de Datos Soportadas</b>	1, 2, 5.5, 11 Mbps
<b>Estándar de Red</b>	IEEE 802.11b
<b>Interfaz de Sistema</b>	PC Card (PCMCIA) Type II Bus PCI
<b>Banda de Frecuencia</b>	2.4 a 2.4897 GHz
<b>Tipos de Arquitectura de Red</b>	ad hoc e infraestructura
<b>Medio inalámbrico</b>	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)
<b>Protocolo de Acceso al Medio</b>	Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA)
<b>Modulación</b>	DBPSK @ 1 Mbps DQPSK @ 2 Mbps CCK @ 5.5y 11 Mbps
<b>Canales de Operación</b>	Norte América: 11 Europa: 13 Japón: 14
<b>Canales no traslapados</b>	Tres
<b>Sensibilidad de Receptor</b>	1 Mbps: -94 cBm 2 Mbps: -91 dBm 5.5 Mbps: -89 dBm 11 Mbps: -85 dBm
<b>Ajustes de Poder de Transmisión Disponibles</b>	100 mW (20 dBm) 50 mW (17 dBm) 30 mW (15 dBm) 20 mW (13 dBm) 5 mW (7 dBm) 1 mW (o dBm) Nota: Los ajusted de poder máximo variarán de acuerdo a las regulaciones de país individual
<b>Alcance (Típico)</b>	Interiores: 40 m @ 11 Mbps 107 m @ 1 Mbps Exteriores: 244 m @ 11 Mbps 610 m @ 1 Mbps
<b>Sistemas Operativos Soportados</b>	Windows 95, 98, NT 4.0, 2000, ME, XP, CE 2.11, CE 3.0, CE .NET (CE 4.0, CE 4.1), Mac OS 9.x, Mac OS X, MS-DOS y Linux
<b>Antenas</b>	Dipolos de diversidad integrado Dipolar de 2.2 dBi removible, externa
<b>Largo de Llave de Encriptación</b>	128 bits
<b>Seguridad</b>	Autenticación: Dirección MAC y mecanismos de autenticación del estándar 802.11 Encriptación: Soporte para llaves WEP IEEE 802.11 estáticas y dinámicas de 40 y 128 bits Mejoras TWIP WEP: Key hashing, Chequeo de integridad de mensaje y rotación de llave
<b>Certificado Wi-Fi</b>	

### **6.6.4.3 Clientes 802.11b/g**

Se muestra a continuación las especificaciones de los adaptadores para cliente compatible con los estándares 802.11b/g para que los estudiantes que deseen comprar el equipo tengan un conocimiento más amplio del equipo que están comprando.

Hay que tener en cuenta que algunos de los vendedores de equipos 802.11g de 54 Mbps, además de incluir la compatibilidad hacia atrás con el estándar 802.11b de 11 Mbps (que trabaja en la misma banda de frecuencia de 2.4 GHz), también incluyen compatibilidad con el estándar 802.11a de 54 Mbps (que trabaja en la banda de frecuencia de 5 GHz). Sin embargo aquí se presenta equipo con compatibilidad hacia los tres estándares solamente para tener en cuenta algunas especificaciones de importancia, tales como alcance, tasa de datos soportadas, ajustes del poder de transmisión, entre otros. Esto no quiere decir que todos los equipos de los vendedores sean iguales. Habrá algunos que solo soporten el 802.11g (muy improbable), 802.11a/b, 802.11b/g y el 802.11a/b/g.

**Figura 36.** Adaptadores Cliente 802.11b



**Tabla XXVI. Especificaciones de Adaptadores Cliente 802.11b/g**

<b>Tasas de Datos Soportadas</b>	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps																																							
<b>Estándar de Red</b>	IEEE 802.11a/b/g																																							
<b>Interfaz de Sistema</b>	PC Card (PCMCIA) Type II Bus PCI																																							
<b>Banda de Frecuencia</b>	2.40 a 2.4897 GHz 5.15 a 5.35 GHz (FCC UNII 1 y UNII 2) 5.725 a 5.85 GHz (FCC UNII 3) 5.15 a 5.35 GHz (ETSI) 5.470 a 5.725 GHz (ETSI) 5.15 a 5.25 GHz (Japon)																																							
<b>Tipos de Arquitectura de Red</b>	ad hoc e infraestructura																																							
<b>Medio inalámbrico</b>	<b>802.11g:</b> Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) y Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) <b>802.11a:</b> Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM)																																							
<b>Protocolo de Acceso al Medio</b>	Carrier sense multiple access with collision avoidance (CSMA/CA)																																							
<b>Modulación</b>	<b>802.11b (DSSS):</b> DBPSK @ 1 Mbps DQPSK @ 2 Mbps CCK @ 5.5y 11 Mbps <b>802.11g y 802.11a (OFDM):</b> BPSK @ 6 y 9 Mbps QPSK @ 12 y 18 Mbps 16-QAM @ 24 y 36 Mbps 64-QAM @ 48 y 54 Mbps																																							
<b>Sensibilidad de Receptor</b>	<b>802.11g:</b> -94 dBm @ 1 Mbps -93 dBm @ 2 Mbps -92 dBm @ 5.5 Mbps -86 dBm @ 6 Mbps -86 dBm @ 9 Mbps -90 dBm @ 11 Mbps -86 dBm @ 12 Mbps -86 dBm @ 18 Mbps -84 dBm @ 24 Mbps -80 dBm @ 36 Mbps -75 dBm @ 48 Mbps -71 dBm @ 54 Mbps <b>802.11a:</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>5150 a 5250 MHz</th> <th>5250 a 5350 MHz</th> <th>5725 a 5805 MHz</th> <th>5.470 a 5.725 GHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-87 dBm @ 6 Mbps</td> <td>-89 dBm @ 6 Mbps</td> <td>-84 dBm @ 6 Mbps</td> <td>-87 dBm @ 6 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-87 dBm @ 9 Mbps</td> <td>-89 dBm @ 9 Mbps</td> <td>-84 dBm @ 9 Mbps</td> <td>-87 dBm @ 9 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-87 dBm @ 12 Mbps</td> <td>-89 dBm @ 12 Mbps</td> <td>-84 dBm @ 12 Mbps</td> <td>-87 dBm @ 12 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-87 dBm @ 18 Mbps</td> <td>-85 dBm @ 18 Mbps</td> <td>-83 dBm @ 18 Mbps</td> <td>-87 dBm @ 18 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-82 dBm @ 24 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-79 dBm @ 36 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-74 dBm @ 48 Mbps</td> <td>-74 dBm @ 48 Mbps</td> <td>-72 dBm @ 48 Mbps</td> <td>-74 dBm @ 48 Mbps</td> </tr> <tr> <td>-72 dBm @ 84 Mbps</td> <td>-72 dBm @ 84 Mbps</td> <td>-65 dBm @ 84 Mbps</td> <td>-72 dBm @ 84 Mbps</td> </tr> </tbody> </table>				5150 a 5250 MHz	5250 a 5350 MHz	5725 a 5805 MHz	5.470 a 5.725 GHz	-87 dBm @ 6 Mbps	-89 dBm @ 6 Mbps	-84 dBm @ 6 Mbps	-87 dBm @ 6 Mbps	-87 dBm @ 9 Mbps	-89 dBm @ 9 Mbps	-84 dBm @ 9 Mbps	-87 dBm @ 9 Mbps	-87 dBm @ 12 Mbps	-89 dBm @ 12 Mbps	-84 dBm @ 12 Mbps	-87 dBm @ 12 Mbps	-87 dBm @ 18 Mbps	-85 dBm @ 18 Mbps	-83 dBm @ 18 Mbps	-87 dBm @ 18 Mbps	-82 dBm @ 24 Mbps	-79 dBm @ 36 Mbps	-74 dBm @ 48 Mbps	-74 dBm @ 48 Mbps	-72 dBm @ 48 Mbps	-74 dBm @ 48 Mbps	-72 dBm @ 84 Mbps	-72 dBm @ 84 Mbps	-65 dBm @ 84 Mbps	-72 dBm @ 84 Mbps						
5150 a 5250 MHz	5250 a 5350 MHz	5725 a 5805 MHz	5.470 a 5.725 GHz																																					
-87 dBm @ 6 Mbps	-89 dBm @ 6 Mbps	-84 dBm @ 6 Mbps	-87 dBm @ 6 Mbps																																					
-87 dBm @ 9 Mbps	-89 dBm @ 9 Mbps	-84 dBm @ 9 Mbps	-87 dBm @ 9 Mbps																																					
-87 dBm @ 12 Mbps	-89 dBm @ 12 Mbps	-84 dBm @ 12 Mbps	-87 dBm @ 12 Mbps																																					
-87 dBm @ 18 Mbps	-85 dBm @ 18 Mbps	-83 dBm @ 18 Mbps	-87 dBm @ 18 Mbps																																					
-82 dBm @ 24 Mbps	-82 dBm @ 24 Mbps	-82 dBm @ 24 Mbps	-82 dBm @ 24 Mbps																																					
-79 dBm @ 36 Mbps	-79 dBm @ 36 Mbps	-79 dBm @ 36 Mbps	-79 dBm @ 36 Mbps																																					
-74 dBm @ 48 Mbps	-74 dBm @ 48 Mbps	-72 dBm @ 48 Mbps	-74 dBm @ 48 Mbps																																					
-72 dBm @ 84 Mbps	-72 dBm @ 84 Mbps	-65 dBm @ 84 Mbps	-72 dBm @ 84 Mbps																																					
<b>Ajustes de Poder de Transmisión Disponibles</b>	<b>802.11b/g:</b> 20 dBm (100 mW) @ 1, 2, 5.5 y 11 Mbps 18 dBm (63 mW) @ 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18 y 24 Mbps 17 dBm (50 mW) @ 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24 y 36 Mbps 15 dBm (32 mW) @ 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36 y 48 Mbps 13 dBm (20 mW) @ 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps 10 dBm (10 mW) @ 1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps <b>802.11a:</b> 16 dBm (40 mW) @ 6, 9, 12, 18 y 24 Mbps 14 dBm (25 mW) @ 6, 9, 12, 18, 24 y 36 Mbps 13 dBm (20 mW) @ 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps 11 dBm (13 mW) @ 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps 10 dBm (10 mW) @ 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps Nota: Los ajustes de poder máximo variarán de acuerdo a las regulaciones de país individual																																							
<b>Alcance Típico (Con un cliente con el poder de transmisión máxima comunicándose con un AP configurado con una antena dipolar de 2.2 dBi para 802.11g y 802.11b y una antena 'patch' con 6 dBi de ganancia para el 802.11a)</b>		<b>802.11a</b>	<b>802.11b/g</b>																																					
		<b>Interiores (Típico)</b>																																						
	54 Mbps	13 m	27 m																																					
	18 Mbps	33 m	54 m																																					
	11 Mbps	---	48 m																																					
	6 Mbps	50 m	91 m																																					
1 Mbps	---	124 m																																						
	<b>Exteriores (Típico)</b>																																							
54 Mbps	30 m	76 m																																						
18 Mbps	183 m	183 m																																						
11 Mbps	---	304 m																																						
6 Mbps	304 m	396 m																																						
1 Mbps	---	610 m																																						

## 6.7 Costo del Equipo

En la solución se ha presentado la descripción del equipo a utilizar y las especificaciones que deben tener. Como ya se sabe, la solución se basa en Puntos de Acceso con soporte a las tecnologías 802.11b y 802.11g en la banda de los 2.4 GHz. Lo que no se ha indicado en ningún momento es la marca del equipo a utilizar. La razón principal de hacer esto es que no se pretende hacer publicidad a una marca específica y la otra es que el despliegue de la solución se puede hacer con cualquier equipo de otra marca, siempre y cuando cumpla con las especificaciones de interoperatividad de equipo de red inalámbrica de la *Wi-Fi Alliance*, y esté certificada por ésta.

Sin embargo, para efectos de estimaciones de costos para el despliegue de la red inalámbrica, se utilizará, a mi opinión, una de los mejores equipos disponibles para tecnologías de red, *Cisco Systems, Inc.*, Cisco es uno de los socios activos más importantes de esta alianza, sin embargo la alianza está conformada, actualmente, por mas de 200 empresas.

En la Tabla 27 se presentan los costos de equipo para Puntos de Acceso.

**Tabla XXVII.** Costo de Puntos de Acceso de marca Cisco

No.	Nombre del Equipo	Tecnología	Precio
1	Cisco Aironet Access Point AIR AP-1010-AK9	802.11a/b/g	\$ 537.00
2	Cisco Aironet Access Point AIR AP-1121G	802.11b/g	\$ 553.00
3	Cisco Aironet Access Point AIR AP-1131AG	802.11a/b/g	\$ 618.00
4	Cisco Aironet Access Point AIR AP-1231G-AK9	802.11b/g	\$ 760.00
6	Cisco Aironet Access Point AIR AP-1242AG	802.11a/b/g	\$ 1,220.00
7	Cisco Aironet Access Point AIR BR-1310G	802.11b/g	\$ 1,150.00

Cada uno de los Puntos de Acceso presentados en la tabla anterior tiene características específicas para cada aplicación. Por ejemplo: los AP recomendados para oficinas son las series *Aironet* 1130AG, 1100 y 1000; los AP recomendados para interiores sobre ambientes poco accesibles están los de las series *Aironet* 1240AG, 1200 y 1230AG; y los AP recomendados para exteriores están los de la serie 1300.

Por lo tanto el equipo utilizado para desplegar la solución serán los Puntos de Acceso *Cisco Aironet 1310G IEEE 802.11g Wireless Outdoor Access Point / Bridge*. La cantidad de Puntos de Acceso es de 4, y proveen soporte a las tecnologías 802.11b y 802.11g. El costo total del equipo se presenta en la siguiente Tabla:

**Tabla XXVIII.** Costo del equipo para la red inalámbrica de Ingeniería

Cantidad	Descripción del equipo	Precio U.	Precio Total
4	Cisco Aironet 1310G IEEE 802.11g Wireless Outdoor Access Point / Bridge	\$1,150.00	\$4,600.00
1	Caja de Cable UTP Cat5e, 1000pies	\$69.00	\$69.00
16	Conector RJ-45	\$0.15	\$2.40
		TOTAL:	\$4,671.40

El costo total del equipo necesario para implantar la red inalámbrica en la Facultad de Ingeniería asciende a \$4,671.40; al tipo de cambio actual de Q7.70, el total asciende a Q35,969.78.

Como los estudiantes también necesitarán comprar el equipo necesario para conectarse a la red, en la Tabla 29 se presentan los precios de las tarjetas para los usuarios.

**Tabla XXIX.** Precios de Tarjetas para usuarios

Marca	Modelo	Tipo	Tecnología	Precio
Cisco	Aironet PCI Adapter AIR PI21AG	PCI	802.11a/b/g	\$ 260.00
Cisco	Aironet CardBus Adapter AIR CB21AG	PCMCIA	802.11a/b/g	\$ 175.00
D-Link	Wireless PCI Adapter / DWL-G520	PCI	802.11b/g	\$ 69.00
D-Link	Wireless CardBus Adapter / DWL-G650	PCMCIA	802.11b/g	\$ 70.00

## 6.8 Determinación del plan de crecimiento

Después de los 6 meses posteriores a la instalación de la solución de red inalámbrica se espera un incremento acelerado de los usuarios del sistema durante los próximos 18 meses. Esto se debe a que mientras se llegue a conocer la disponibilidad de la red inalámbrica en la Facultad de Ingeniería y que los usuarios se informen y consigan el equipo necesario para poder conectarse a la red, este incremento de los usuarios será constante durante éste lapso de tiempo.

Para los estudiantes de los últimos años de la carrera solo es necesario que consigan el equipo para conectarse a la red, además de tener un poder adquisitivo mayor que los nuevos estudiantes, en cambio para los estudiantes que vienen de primer y segundo año de la carrera, tienen que informarse y luego conseguir el equipo, lo cual puede tomar un poco más de tiempo, pero los 18 meses es un tiempo prudencial para esperar un nivel alto de crecimiento.

Además del crecimiento inicial acelerado de los usuarios de la red inalámbrica, mencionados en el párrafo anterior, se deben tomar en cuenta otros dos factores, uno de crecimiento y otro de disminución. El factor de crecimiento es la cantidad de estudiantes nuevos que se matriculan cada año, el cual tiene un promedio del 10.8% anual, aunque la mitad de los matriculados desertan antes de terminar el primer año. El factor de disminución es que los estudiantes de último año, o desertan (por trabajo, familia, etc.) o cierran su carrera y no regresan a la Universidad, esto implica un descenso en los usuarios de la red inalámbrica.

### **6.8.1 Factores de crecimiento**

Obviamente el factor de crecimiento en la cantidad de estudiantes de Ingeniería en Ciencias y Sistemas que usen la red inalámbrica después de los primeros dos años será muy bajo. Pero ya que estamos hablando de un plan de crecimiento, se deben incluir varios aspectos:

- Aumento en la cantidad de estudiantes nuevos para la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas.
- Proveer servicios de ancho de banda elevado, tales como video conferencias, ejemplificar en los cursos de redes el uso de la misma red inalámbrica, presentación de exámenes teóricos y prácticos y proveer otros servicios administrativos, tales como consulta de datos del estudiante, consulta de cursos.
- Proveer los mismos servicios ofrecidos inicialmente a los estudiantes de Ingeniería en Ciencias y Sistemas a los estudiantes de las demás carreras de Ingeniería.

### **6.8.2 Tiempo e inversión**

El plan de crecimiento se aplica a los próximos 5 años luego de la puesta en marcha de la red inalámbrica. Se invertirá un total de Q20,000.00, a una tasa de aproximadamente Q4,000.00 anuales. Entre los factores que se esperan cubrir con ésta inversión están:

- Mantenimiento del equipo de red inalámbrico actual.
- Aumento del rendimiento de la red inalámbrica, debido a las necesidades de los usuarios.
- Compra de software actualizado capaz de proveer la seguridad necesaria contra nuevas amenazas a la red y su información.

Para aumentar el rendimiento de la red inalámbrica, será necesario comprar nuevo equipo, pero con las mismas especificaciones del equipo actual. No se está hablando de botar el equipo con el que se dispone actualmente, sino de aumentar la capacidad de la red actual.

Para identificar los puntos en donde existe más concurrencia de estudiantes para conectarse a la red, se tendrá que hacer un nuevo estudio, para así poder desplegar una nueva solución. Se espera que la solución aquí presentada pueda soportar los cambios de requerimientos de los usuarios por los próximos 5 años sin que se realicen muchos cambios.

## **6.9 Recomendaciones para la seguridad**

Entre algunas de las amenazas a la seguridad de la red se encuentran los virus, sin embargo, estos afectan primordialmente a las computadoras y a las aplicaciones que se ejecutan dentro de las computadoras infectadas. En otras palabras, las amenazas por virus no afectan, por ningún motivo a la estructura física de red inalámbrica. La red inalámbrica presenta exactamente las mismas amenazas que una red alamburada, pero los afectados son los usuarios finales y las computadoras que ejecutan instrucciones.

Otra amenaza a la seguridad de la red es la saturación de la red misma. Este es otra amenaza que no se puede cumplir, por que si bien una gran cantidad de usuarios tratando de utilizar la red pueden saturar el ancho de banda, lo único que lograrían es que los servicios no se les fuera proveídos o que tuvieran retardos muy elevados. Y aún habiendo personas mal intencionadas tratando de ingresar y de obtener información confidencial por medio de la red, lo único que lograrían con la red saturada es que no puedan obtener lo que desean.

Ahora bien, si lo que se desea es mantener la información crítica dentro de los servidores que la contienen, entonces la amenaza es la de intrusos tratando de obtener ésta información conectándose a estos servidores, utilizando como medio de entrada la red inalámbrica. ¿Cómo minimizar o eliminar entonces el riesgo de que un intruso pueda entrar en la red inalámbrica? Primero se debe controlar quién accede a ella a través de procesos de autenticación y después proteger la información que viaja a través de las ondas de radio mediante técnicas de encriptado.

Mientras mas se preocupe por la seguridad de la red, estará protegiéndola. Mejor. Entre las recomendaciones se pueden mencionar:

1. Haga más sencilla la seguridad, integrando políticas de la red alamburada a la red inalámbrica.
2. Sitúe el punto de acceso en el lugar adecuado.
3. Administre su punto de acceso, y configúrelo para que funcione solamente bajo las especificaciones previamente establecidas.
4. Active su *firewall* perimetral.

5. Utilice una dirección MAC basada en una Lista de Control de Acceso (ACL), con esto hará que solo los dispositivos registrados puedan acceder a la red.
6. Administre su nombre de red. Todas las redes tienen asignado un nombre de red por defecto, SSID. Cámbielo inmediatamente por un código alfanumérico.
7. Impulse los servidores RADIUS existentes. Los usuarios remotos de las compañías mas grandes son a veces autenticados para utilizar la red a través de un servidor RADIUS.
8. Instale el protocolo de seguridad WEP, para la encriptación de la información.
9. Pero no se limite a instalar WEP. Utilice otros protocolos de encriptación de datos propietario tales como: Cisco TKIP, WPA TKIP, AES.
10. VPN es uno de los mejores mecanismos de seguridad. Si se han implementado la mayoría de las recomendaciones anteriores, colocar VPN en la red inalámbrica la hace casi impenetrable.
11. No todas las redes inalámbricas son iguales. Aunque muchos equipos estén acreditados en la Wi-Fi, y sus equipos operen correctamente bajo el estándar 802.11b, no quiere decir que las prestaciones de seguridad sean las mismas. Averigüe que seguridad le ofrece cada marca de equipo. La seguridad estándar entre marcas puede variar mucho.
12. No permita que cualquier “usuario avanzado” configure su red inalámbrica. Esto se debe a que los intrusos también pueden estar “dentro” de la red, o sea, que son empleados mismos de la empresa o institución donde labora.



## CONCLUSIONES

1. Las redes inalámbricas son una solución actual a la necesidad de movilidad de las redes de datos. Muchas de las redes cableadas actuales fueron planificadas basadas en un diseño de red estática, pero esto es inaceptable, debido a los cambios que se producen dentro las instalaciones de una empresa. O sea, se agregan más usuarios, se mueven las oficinas, se amplían las instalaciones y se necesita el alcance de una red inalámbrica en lugares donde era muy difícil o imposible de llegar con una red cableada. Por estas y otras razones, es que las redes ya no se pueden tomar como estáticas, sino dinámicas.
2. Entre las tecnologías de radio disponibles, actualmente, se encuentran la de DSSS y FHSS. Estas dos tecnologías proveen una transmisión de datos segura en el nivel físico gracias a que el equipo cumple con las normas establecidas en el estándar IEEE 802.11 para redes inalámbricas. Sin embargo, ya que, las bandas sobre las que trabajan las redes inalámbricas son no licenciadas, cualquier personas, empresa o dispositivo puede utilizar ésta misma frecuencia y de ésta forma provocar interferencia.

3. Los sistemas inalámbricos están limitados por los dominios reguladores para cada país y por las especificaciones de los estándares IEEE 802.11 para redes inalámbricas. Por esta razón, los efectos de propagación, el alcance y la tasa de datos están limitadas a éstas regulaciones internacionales. Sin embargo, éstas son necesarias para que no exista un caos en el uso de las frecuencias de radio. También, es importante comentar que las bandas no licenciadas de los 900 MHz es utilizada por tantos dispositivos que ya no es posible tener trabajar en ésta banda sin que exista interferencia, solo en algunos casos aislados.
  
4. En la solución se puede observar que existe gran interés por parte de los estudiantes en la utilización de la red inalámbrica, si es que se llega a implementar en algún momento, sin embargo, esta solución a corto o mediano plazo no parece disponible, ya sea debido al costo que supondría tal implementación o, si se tiene el interés de implementarlo, por no disponer del presupuesto necesario para cubrir el costo.
  
5. Un factor importante en la planificación de una red inalámbrica es el estudio de propagación de la señal de radio. Se tiene que realizar un estudio de la propagación de la señal en todas las ubicaciones que se desee que llegue la señal para determinar las mejores ubicaciones de los Puntos de Acceso. Otra factor que hay que tomar en cuenta es que, en Guatemala, las bandas de frecuencias para redes inalámbricas están vendidas a diferentes empresas, lo que supondría una violación del uso de estas bandas para propósitos generales.

## RECOMENDACIONES

1. Agregar al presupuesto de la Facultad de Ingeniería cierto monto destinado al mejoramiento de la red interna y, de ésta manera, proveer a los estudiantes de medios necesarios para aumentar sus conocimientos ya que, ésta es una escuela de enseñanza.
2. Aprovechar los resultados arrojados por este trabajo para realizar un diseño basado en la realidad de la Facultad de Ingeniería. Se espera que estos resultados sean satisfactorios para tal compromiso y que no se espere mucho tiempo para implementarla, pues los cambios en el área de la informática son muy frecuentes y hay que estar siempre al corriente de las nuevas tecnologías.
3. De ser posible, se debería implementar la solución basada en los últimos dispositivos construidos para trabajar con la tecnología de punta. Esto es, utilizando las ventajas del estándar 802.11g que tiene compatibilidad hacia atrás con el estándar 802.11b. Los estudiantes que compren los dispositivos cliente que son mas baratos, en este caso el 802.11b, tendrán acceso a los servicios de la red inalámbrica. Los costos del equipo para cliente 802.11g tienen que disminuir, entonces, los estudiantes tendrán la posibilidad de comprar dichos dispositivos. Se aplica lo mismo para los dispositivos cliente y puntos de acceso que soporten las tres tecnologías actuales.

4. En el presente trabajo se presentaron un par de planos de la Facultad de Ingeniería y diagramas de la red alamburada actual, pero no se presentaron con mayor detalle debido al acuerdo de confidencialidad que se estableció con el Centro de Cálculo y la Escuela de Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería. Se espera que, al momento de implementar la solución, se proporcione toda la información necesaria para poder identificar las variantes y así poder establecer una solución basada en datos reales y actualizados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Apple Computer, Inc. **La tecnología inalámbrica más personal.** <http://www.apple.com/es/bluetooth/>. 2005.
2. Asociación Maya de Estudiantes Universitarios. **Informe sobre la Educación Universitaria en Guatemala.** Guatemala. 2004. 77pp.
3. Bluetooth. **Que es Bluetooth.** <http://www ldc.usb.ve/~figueira/cursos/redes2/em01/EXPO-em01/Bluetooth/bluetooth.htm>. 2005.
4. Brachkov, Hristo. **802.11g, Physical Layer.** 2005. 24pp.
5. Carralero, Néstor. **La realidad sobre la seguridad en redes LAN inalámbricas.** 2005. 3pp.
6. Cisco Systems, Inc. **A Comprehensive Review of 802.11 Wireless LAN Security and the Cisco Wireless Security Suite.** EEUU. 2002. 39pp.
7. Cisco Systems, Inc. **Cisco Aironet Wireless Access Point.** EEUU, 2005. 15pp.
8. Cisco Systems, Inc. **Cisco AVVID Wireless LAN Design.** EEUU, 2003. 184pp.
9. Gregory R. Scholz y otros. An Architecture for Securing Wireless Networks. **The Internet Protocol Journal.** (San José, CA, EEUU) (5):17.2002.

10. IESALC-UNESCO. **Antecedentes, Situación actual y perspectivas de la evaluación y acreditación de la educación superior en Centroamérica. Guatemala.** Mayo 2003. 91pp.
11. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE). **Quick Guide to IEEE 802.11 WG & Activities.** EEUU. 2005. 11pp.
12. The Wireless LAN Alliance. **Introduction to Wireless LANs.** St. Simona Island, GA, EEUU. 1999. 13pp.
13. Tobar Viril, Luis Alfredo. **Resumen del Informe de Investigación en Guatemala.** Guatemala. 2004. 12pp.
14. Tourrilhes, Jean. **Linux Wireless LAN Howto.** Hewlett Packard Laboratorios, Palo Alto, EEUU. Agosto 2000. 36pp.
15. Zyren, Jim y Al Petrick. **IEEE 802.11 Tutorial.** EEUU. 7pp.

## APÉNDICE

**Gráfica 3D 1.** Perspectiva de Conjunto del T5 y ubicación de Punto de Acceso



**Foto 1.** Edificio T5



**Gráfica 3D 2.** Perspectiva de Conjunto de Biblioteca y ubicación de Punto de Acceso



**Foto 2.** Edificio Biblioteca Exterior



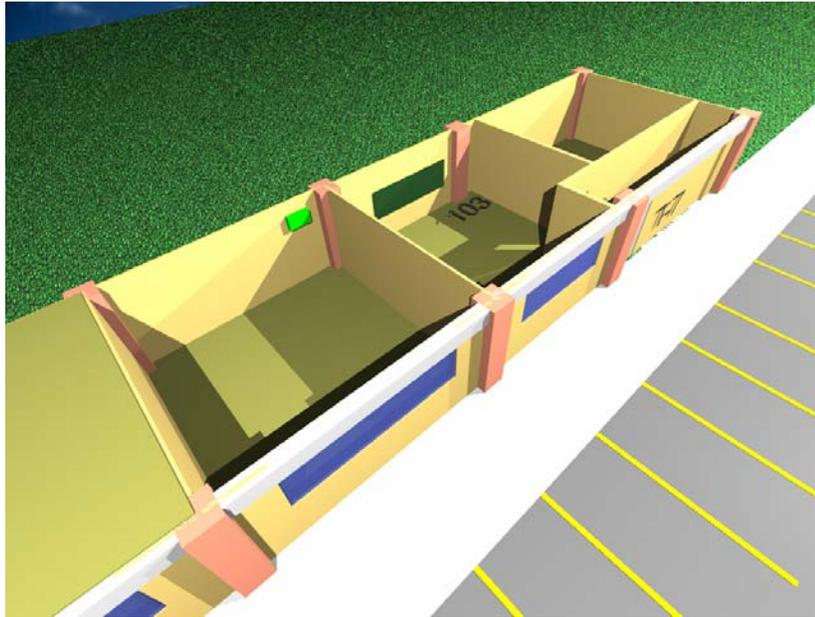
**Gráfica 3D 3.** Apunte Interior de Biblioteca y ubicación de Punto de Acceso



**Foto 3.** Edificio Biblioteca Interior



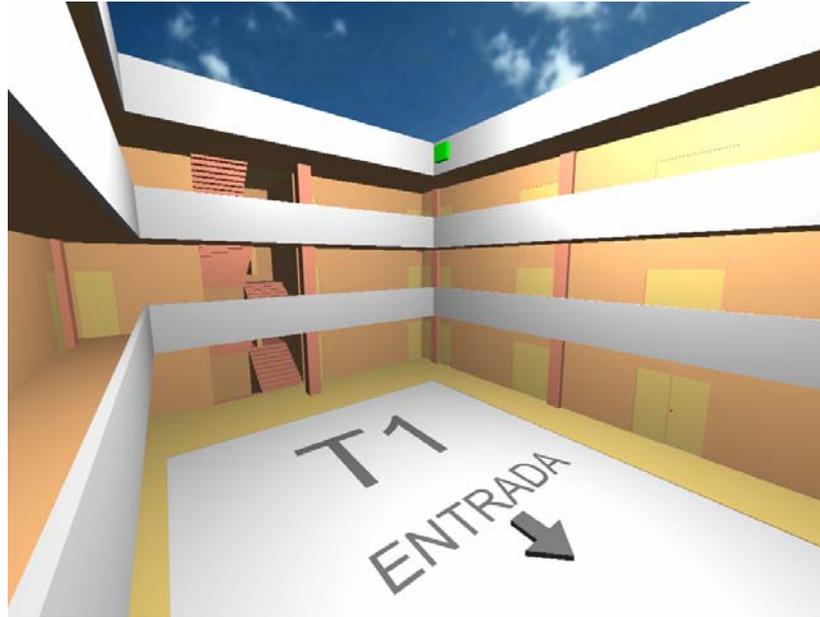
**Gráfica 3D 4.** Perspectiva de Conjunto del T7 y  
ubicación de Punto de Acceso



**Foto 4.** Edificio T7



**Gráfica 3D 5.** Perspectiva de Conjunto del T1 y ubicación de Punto de Acceso



**Foto 5.** Edificio T1

