

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA,
TELECOMUNICACIONES**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERÍA**

**ESTUDIO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA RED WIRELESS LAN
DE LA ESPE CAMPUS SANGOLQUÍ APLICANDO LAS NORMAS
IEEE 802.11V Y EL PROTOCOLO CAPWAP DENOTADO POR LA
IETF**

MARCO XAVIER MERO GARCÍA

Sangolquí – Ecuador

2007

CERTIFICADO

En la calidad de Director y Codirector de Tesis, CERTIFICO que el Egresado Marco Xavier Mero García, ha realizado el presente trabajo, el mismo que ha sido revisado y orientado por los suscritos, consecuentemente, los criterios y planeamientos expuestos en él, son de exclusiva responsabilidad del Autor

Ing. Román Lara. MS

DIRECTOR

Ing. Darwin Aguilar

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento más sincero al catedrático de la Escuela Politécnica del Ejército Ingeniero Román Lara por su ayuda en la preparación de este manuscrito. Además, agradece al Ingeniero Darwin Aguilar, cuyo esfuerzo en la primera fase de la elaboración de este documento fue crucial para la obtención de la información necesaria. Gracias también a los miembros del consejo universitario por su valioso apoyo y sobre todo a mis padres que con esfuerzo, supieron llevarme por el camino correcto y no me dejaron decaer.

DEDICATORIA

A mis padres y hermano guías y amigos que supieron orientarme para escalar con sacrificio otro peldaño en la lucha por la vida.

PRÓLOGO

La siguiente tesis establece y analiza un estándar que regula y administra la red inalámbrica de la Escuela Politécnica del Ejército campus Sangolquí, con el fin de que provea los mecanismos necesarios y eficientes que simplifiquen el desenvolvimiento y administración de la red. Con estos estándares se define procedimientos para los cuales una infraestructura inalámbrica pueda controlar los parámetros de los clientes, tales como identificar a que red y/o punto de acceso esta conectado y mejorando considerablemente los recursos de ancho de banda y seguridades que la WLAN requiere.

Analizando el comportamiento actual de la red, se identifica las capacidades y potencialidades de la implementación de nuevos equipos, que, trabajando bajo estas normas, ayudará a optimizar la red inalámbrica.

Bajo estas consideraciones, se realiza un análisis económico y con la ayuda de un modelamiento matemático, se logra estimar la demanda de clientes con dispositivos inalámbricos que estarán usando la red en un plazo de tres años y obteniendo los valores de los equipos así como el análisis de costo beneficio en este período.

Finalmente se llega a importantes conclusiones y se establece varias recomendaciones que deben ser tomadas en cuenta para implementar nuevos equipos con nuevos estándares y que la Comunidad Politécnica este a la par de la tecnología circundante.

INDICE DE CONTENIDO

PRÓLOGO	I
ÍNDICE DE CONTENIDO	II
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
GLOSARIO	VII
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS	1
1.1 REDES INALÁMBRICAS	1
1.1.1 ESTÁNDAR AMERICANO PARA LAS REDES LAN INALÁMBRICAS	1
1.1.1.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	1
802.11 Legacy	3
802.11 b	3
802.11a	4
802.11g	5
Estándares Adicionales	6
1.1.1.2 VENTAJAS	7
1.1.1.3 DESVENTAJAS	9
1.1.1.4 INFRAESTRUCTURA	10
1.1.1.5 SEGURIDADES	12
1.1.2 ESTÁNDAR EUROPEO PARA REDES LAN INALÁMBRICAS	14
1.1.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES	14
HiperLan 1	15
HiperLan 2	16
HiperLan 3	17
HiperLan 4	17
1.1.2.2 VENTAJAS	18
1.1.2.3 DESVENTAJAS	19
1.1.2.4 INFRAESTRUCTURA	21
Modo directo.	21
Modo Centralizado.	22
1.1.2.5 SEGURIDADES	24
CAPÍTULO II	26
ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO	26
2.1 INFRAESTRUCTURA	26
2.2 COBERTURA	29
2.3 PUNTOS DE ACCESO	32

2.4 EQUIPOS	34
<i>Punto de Acceso</i>	35
<i>Adaptador Power Over Ethernet (POE)</i>	37
<i>Antena</i>	38
<i>Supresor de picos</i>	40
<i>CORE</i>	41
<i>Switch de Borde</i>	43
2.5 CONECTIVIDAD	44

CAPITULO III **47**

ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11V Y EL PROTOCOLO CAPWAP (CONTROL AND PROVISIONING OF WIRELESS ACCESS POINTS), PARA LA RED INALÁMBRICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO **47**

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES	47
3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	53
<i>Selección del mejor punto de acceso</i>	57
<i>MAC flexible</i>	58
3.3 APLICACIONES	60
3.4 ARQUITECTURA	63
3.5 SEGURIDADES	65
3.6 ANÁLISIS COMPARATIVO	70

CAPITULO IV **72**

OPTIMIZACIÓN DE LA RED WIRELESS LAN DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO BASADO EN LA NORMA IEEE 802.11V Y EL PROTOCOLO CAPWAP72

4.1 PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA	72
4.2 ESTRATEGIAS DE PLANIFICACIÓN	76
Definición del Plan Estratégico	77
<i>Análisis del Entorno</i>	77
El entorno general	78
<i>Fuerzas socioculturales</i>	78
<i>Fuerzas económicas</i>	79
<i>Fuerzas tecnológicas</i>	79
<i>Fuerzas político / legales</i>	80
El entorno específico	80
<i>Análisis de la Situación</i>	80
Estrategia Deliberada y Estrategia Emergente	83
Desarrollo de la Estrategia Corporativa	83
Análisis de Capacidades Estratégicas	85
<i>Definiciones Estratégicas</i>	86
Objetivos y Metas a largo plazo	86
<i>Misión</i>	87
<i>Visión</i>	87
<i>Valores</i>	87
4.3 PLANIFICACIÓN ESTRUCTURAL	88
<i>Consideraciones de Diseño (Rango)</i>	91
<i>Diagnostico</i>	93
<i>Desarrollo del Análisis Estructural</i>	95
4.4 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS	96
<i>Espectro electromagnético</i>	96
<i>Radio Transmisión</i>	97
<i>Redes De Radio Frecuencia</i>	98

4.5 DATOS DE PROPAGACIÓN Y MEDIOS DE PREDICCIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO	100
<i>Introducción</i>	100
<i>Factor de reuso</i>	101
<i>Puntos de acceso</i>	102
<i>Aislamiento en sistemas vecinos</i>	103
<i>Modulación de radio</i>	104
<i>Eficiencia del tiempo</i>	105
<i>Limite de la longitud del paquete y su tiempo</i>	107
4.6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS	110
<i>Datos de entrada</i>	110
<i>Datos de salida</i>	111
<i>Principales rutinas</i>	111
<i>Recursos</i>	112
<i>Proveedores</i>	112
<i>Arquitectura</i>	113
<i>Configuración Requerida</i>	114
4.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE CLIENTES	116
<i>Evolución de la demanda de usuarios inalámbricos en el campus</i>	120
4.8 ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA RED	121

CAPÍTULO V	124
ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE FACTIBILIDAD	124

5.1 VALORES ACTUALES	124
<i>CAPEX (“CAPITAL EXPENDITURES”)</i>	127
<i>OPEX (“OPERATING EXPENDITURES”)</i>	127
<i>COSTOS CAPITALIZABLES</i>	127
5.2 VALORES FUTUROS	128
5.3 RENTABILIDAD	132
<i>Introducción</i>	132
<i>Análisis de Costo/ Beneficio: La Cantidad Económica</i>	136
<i>Aplicación de la Determinación de la Cantidad Económica</i>	137

CAPÍTULO VI	140
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	140

6.1 CONCLUSIONES	140
6.2 RECOMENDACIONES	144

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

- Anexo A1: Resultado del Site Survey (Edificio Central)
- Anexo A2: Resultado del Site Survey (Biblioteca)
- Anexo A3: Resultado del Site Survey (Bar)
- Anexo A4: Resultado del Site Survey (MED)
- Anexo A5: Resultado del Site Survey (Posgrados)
- Anexo A6: Resultado del Site Survey (Electronica)

INDICE DE TABLAS

TABLA. 1.1. COMPARACIÓN DE ESTÁNDARES WI-FI	6
TABLA. 1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTÁNDARES 802.11	9
TABLA. 1.3. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS HIPERLAN	17
TABLA. 2.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS PUNTOS DE ACCESO	36
TABLA. 2.2. ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA SA24-90-9	40
TABLA. 3.1. APLICACIONES PRESENTES Y FUTURAS	62
TABLA. 4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS AP	73
TABLA. 4.2. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS SITIOS PRELIMINARES	74
TABLA. 4.3. NÚMERO DE ESTUDIANTES MED	117
TABLA. 4.4. NÚMERO DE ESTUDIANTES PRESENCIAL	118
TABLA. 4.5. TENDENCIA DE EVOLUCIÓN DE CLIENTES PRESENCIAL CON DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS	118
TABLA. 5.1. INFORMACIÓN GENERAL DE LOS SITIOS PRELIMINARES	128
TABLA. 5.2. INFORMACIÓN DE ÍNDICES COMPUESTOS	131
TABLA. 5.3. INFORMACIÓN VALORES COSTO/BENEFICIO	138

INDICE DE FIGURAS

FIGURA. 1.1. ESTRUCTURA INALÁMBRICA	2
FIGURA. 1.2. CAPAS MODELO OSI VS IEE 802.11	3
FIGURA. 1.3. INFRAESTRUCTURA WLAN (802.11)	11
FIGURA. 1.4. BASIC SERVICE SET (BSS)	12
FIGURA. 1.5. MODELOS DE CAPAS WLAN	18
FIGURA. 1.6. ARQUITECTURA DE UNA RED AD-HOC	22
FIGURA. 1.7. INFRAESTRUCTURA DE RED HIPERLAN 2	23
FIGURA. 2.1. ESTRUCTURA INALÁMBRICA	26
FIGURA. 2.2. ESTRUCTURA BÁSICA	28
FIGURA. 2.3. INTERFAZ GRAFICA DEL SOFTWARE WIRELESSMON	30
FIGURA. 2.4. ESTRUCTURA BÁSICA	33
FIGURA. 2.5. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO	34
FIGURA. 2.6. UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO	34
FIGURA. 2.7. CONFIGURACIONES PUNTO-PUNTO Y PUNTO-MULTIPUNTO	36
FIGURA. 2.8. ADAPTADOR DE CORRIENTE SOBRE LA ETHERNET	38
FIGURA. 2.9. ANTENA SA24-90-9	39
FIGURA. 2.10. SUPRESOR DE PICOS	41
FIGURA. 2.11. SWITCH 4050	42
FIGURA. 2.12. SWITCH 3COM 4250	44
FIGURA. 2.13. ESTRUCTURA BÁSICA	45
FIGURA. 2.14. CONECTIVIDAD ENTRE PUNTOS DE ACCESO	46
FIGURA. 3.2. ATAQUE POTENCIAL EN UNA RED INALÁMBRICA	66
FIGURA. 3.3. PROTOCOLOS DE SEGURIDAD WI-FI	69
FIGURA. 3.4. ARQUITECTURA DE UNA RED WI-FI PROTEGIDA	70
FIGURA. 4.1. UBICACIÓN ACTUAL DE LOS PUNTOS DE ACCESO Y SU COBERTURA EN EL CAMPUS	74
FIGURA. 4.2. ESTRUCTURA BÁSICA	75
FIGURA. 4.3. ESTRUCTURA BÁSICA	81
FIGURA. 4.4. PUNTO DE ACCESO UBICADO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA	82
FIGURA. 4.5. EVOLUCIÓN DE LA CONVERGENCIA HACIA EL NUEVO ESTÁNDAR 802.11V Y CAPWAP	85
FIGURA. 4.6. ILUSTRACIÓN DE RANGO .	91
FIGURA. 4.7. UBICACIÓN FÍSICA DE LOS PUNTOS DE ACCESO EN LE CAMPUS.	94
FIGURA. 4.8. UBICACIÓN FÍSICA DE LOS PUNTOS DE ACCESO FIE.	95
FIGURA. 4.9. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO Y SU USO PARA COMUNICACIONES	97
FIGURA.4.10. CONVENCION ENTRE LOS DBS	109
FIGURA. 4.12. ASIGNACIÓN DE CANALES	110
FIGURA. 4.13. ARQUITECTURA FUTURA	114
FIGURA. 4.14. PUNTO DE ACCESO EN EL EDIFICIO DE LA MED.	115
FIGURA. 4.15. COBERTURA DEL AP DEL EDIFICIO CENTRAL	115
FIGURA. 4.14. TENDENCIA DE EVOLUCIÓN DE CLIENTES CON DISPOSITIVOS INALÁMBRICOS	119
FIGURA. 4.15. COMPARACIÓN MENSUAL CON RESPECTO AL ACHO DE BANDA USADO	120
FIGURA. 5.1. GRÁFICO DE LOS ÍNDICES CON RESPECTO AL TIEMPO	131
FIGURA. 5.2. GRÁFICO DE LOS ÍNDICES CON RESPECTO AL TIEMPO	137

GLOSARIO

AES. Estándar de Cifrado Avanzado

ALGORITMO DE AUTENTICACIÓN. Mecanismo para validar las credenciales del cliente.

ALGORITMO DE ENCRIPCIÓN. Mecanismo para proveer seguridad de los datos.

AP (*Access Point*). Estación integrada dentro de una infraestructura WLAN y el sistema de distribución.

BSS (*Basic Service Set*). Grupo de estaciones que usan la misma frecuencia de radio.

CCK (*Complementary Code Keying*). Trabaja solo en conjunción con tecnología DSSS y este tipo de modulación aplica sofisticadas fórmulas matemáticas a los códigos DSSS en un solo ciclo de reloj.

DCF. Función de Coordinación Distribuida se define como la funcionalidad que determina, dentro de un conjunto básico de servicios (BSS), cuando una estación puede transmitir y/o recibir unidades de datos de protocolo a nivel MAC a través del medio inalámbrico.

INTEGRIDAD DEL MENSAJE. Se asegura que las tramas y en consecuencia los datos estén libres de trampas y que provengan realmente de la fuente.

ITINERANCIA: ROAMING, concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra. Es una palabra de procedencia inglesa que significa vagar o rondar.

MAC. *Media Access Control*, Control de Acceso al Medio

PAN. *Personal Area Network*, Redes de área personal

PORTAL. Puente hacia otra red cableada.

ROAMING: concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de

cobertura a otra. Es una palabra de procedencia inglesa que significa vagar o rondar.

RTS-CTS. *Request to Send-Clear to Send.* Solicitud de envío- listo para envío.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN. Red de interconexión que forma una red lógica

SNR: La relación señal/ruido (en inglés *Signal to Noise ratio* SNR o S/N) se define como el margen que hay entre el nivel de referencia (información significativa) y el ruido de fondo de un determinado sistema. Este margen es medido en decibelios.

STA. Dispositivo que se rige al protocolo IEEE 802.11 que tiene un control de acceso al medio (MAC) y una interfase entre la capa física (PHY) y medio inalámbrico (WM).

TKIP. Protocolo de llaves integras -Seguras -Temporales.

TRAMA DE AUTENTICACIÓN. Trama para facilitar los mensajes de autenticación entre Clientes, puntos de acceso y servidores.

WLAN. Wireless Local Area Network o redes de área local que no requieren cableado físico.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LAS REDES INALÁMBRICAS

1.1 REDES INALÁMBRICAS

1.1.1 ESTÁNDAR AMERICANO PARA LAS REDES LAN INALÁMBRICAS

1.1.1.1 Características Generales

El protocolo IEEE 802.11 mas conocido como Wi-Fi y la serie de estándares de la IEEE 802.11 son aquellos que definen la tecnología para las redes inalámbricas de área local WLAN.

Este es una extensión de los estándares de Ethernet adaptados para las LAN inalámbricas y haciendo una analogía, el termino Wi-Fi es equivalente con en lo que a calidad de sonido es Hi-Fi, así en términos inalámbricos puede decirse que Wi-Fi es la fidelidad inalámbrica.

Estos estándares especifican una interfase “sobre el aire” entre clientes que están conectados a través de un dispositivo inalámbrico denominado STA¹ y un punto de acceso AP² e inclusive entre clientes con dispositivos inalámbricos [1].

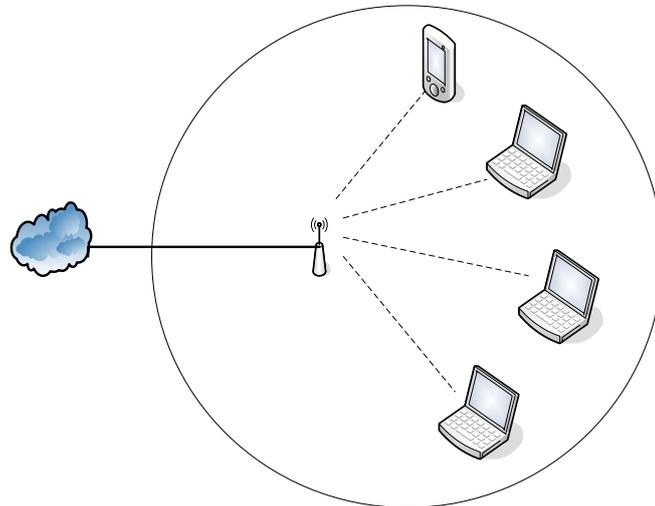


Figura. 1.1. Estructura Inalámbrica

La versión original data desde 1997 y estandarizó tasas de uno hasta dos Mbps que eran transmitidos a través señales infrarrojas (IR), trabajando en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz además de utilizar Acceso múltiple por detección de portadora evitando colisiones CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*).

Network

Luego en 1999 se aprobó y se corrigió el estándar por no ser aplicable a los equipos en operación. Se lo llamó 802.11b y alcanzaba velocidades de transmisión de hasta 11 Mbps³ utilizando el mismo método de acceso que la versión original, teniendo una gran acogida entre los consumidores finales [2], [5].

¹ STA: Estación Terminal con mecanismos de acceso a medios inalámbricos.

² AP : Access Point : Estaciones que integran las LAN inalámbricas y el sistema de distribución.

³ Mbps: Tasa de Transmisión (Mega bits por segundo).

[1] www.ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4118.pdf#search=%22Rfc4118.pdf%22

[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

[5] www.ucaribe.edu.mx/archivos/freyes/IT0103/cbxc_lans.pdf

Este estándar define según el modelo de referencia OSI la capa de física y la capa de enlace de datos, en la cual una se denomina capa MAC (Control de Acceso al Medio) y otra llamada capa de control lógico como se muestra en la Figura.1.2.

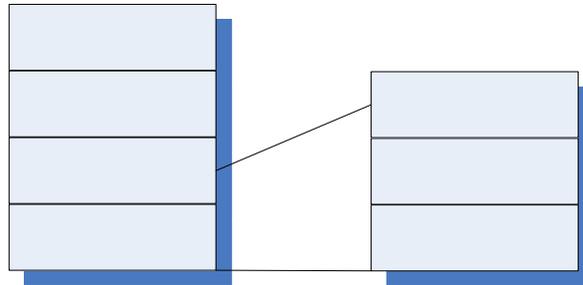


Figura. 1.2. Capas modelo OSI Vs IEE 802.11

Dependiendo del rango de frecuencia, de la modulación y de la velocidad de transmisión, se definen tres estándares diferentes para 802.11.

A continuación se hace referencia a esta serie de estándares WiFi con sus características principales:

Capas Superiores

Capa de Red

Capa de Datos

Capa Física

802.11 Legacy.

En 1997 se adoptó la primera versión que alcanzaba tasas de transmisión teóricas de 1 y 2 Mbps que se transmiten por señales Infrarrojas (IR) y en la banda de frecuencias de 2,4 GHz.

Capas OSI

802.11 b.

El estándar 802.11 b es el mas extendido en la actualidad y desde 1999 ha desarrollando una tasa de transmisión de 11 Mbps⁴ con tres canales simultáneos y la banda de frecuencias de 2,4 GHz.

⁴ Mbps: Tasa de Transmisión (Mega bits por segundo).

Emplea DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) y utiliza modulación con forma de onda CCK (*Complimentary Code Keying*).

La mayor desventaja de este estándar es que la banda a la cual opera, está congestionada, sobre todo por hornos microondas, teléfonos inalámbricos y equipos con tecnología Bluetooth, lo que la hace vulnerable a interferencias [2] .

802.11a.

Esta también es una corrección de la versión original. Alcanza tasas de transmisión de mucho más rápidas que el 802.11b hasta 54Mbps. Además opera en la banda de frecuencia de 5,2 GHz en ocho canales simultáneos con 52 subportadoras y multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) por lo que puede soportar inicialmente 64 usuarios por punto de acceso.

La mayor ventaja es que no esta sujeta a interferencias de frecuencias en lo que respecta a bluetooth y otros diseños operando en las frecuencias de 2,4 GHz. La principal desventaja es que no es directamente compatible con la 802.11b y g por lo que se requiere equipos que operen con cualquiera de los dos estándares. Otra desventaja es que este estándar solo esta disponible en la mitad del ancho de banda en Japón y en Europa no tiene acogida por no ser el estándar implementado, en donde se tiene HIPERLAN2 como preestablecido.

Otra desventaja obvia es que el uso de esta frecuencia está sujeta a que los equipos que estén trabajado con esta norma, tienen que estar en línea de vista, lo que convoca a un mayor número de puntos de acceso y por tal motivo no goza de un mayor alcance, dado que las ondas son absorbidas a mayores distancias [2].

[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

802.11g.

En el 2003 se estandarizó esta norma y se basa en retrocompatibilidad de la 802.11b, opera dentro de la frecuencia de los 2,4 GHz. La tasa de transferencia teórica es de 54 Mbps igual que la 802.11a y una de sus ventajas es que soporta múltiples usuarios simultáneamente además de su rapidez en lo que a bits por segundo se refiere [2].

Por ende esta rapidez ayuda a que múltiples usuarios puedan obtener beneficios tales como la transmisión inalámbrica de video.

Otra característica es el uso de dos modos de operación en OFDM⁵ y modulación CCK (*Complementary Code Keying*); modulación por cambios de código.

Su principal desventaja radica en el costo, pues los equipos son mucho más caros que los basados en la 802.11b.

El crecimiento y expansión de las WLAN ha plasmado un estándar que se ha desarrollado de manera óptima.

Este avance ha logrado que los clientes y las redes inalámbricas crezcan en difusión y densidad así como también en calidad de servicio como por ejemplo, mayor ancho de banda para aplicaciones diversas.

En la tabla que se muestra a continuación se puede observar las características y comparaciones para los estándares Wi-Fi .

⁵ OFDM: (Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal).
[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

Tabla. 1.1. Comparación de Estándares Wi-Fi [4]

CARACTERÍSTICA	802.11 a	802.11 b	802.11 g
Tipo de Espectro	5,2 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Congestión de Espectro	Baja	Alta	Alta
Tipo de Modulación	OFDM	DSSS	OFDM
Tasa de Bits	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps
Costo	Moderado	Bajo	Bajo
Cobertura	50 Metros	100 Metros	100 Metros

Estándares Adicionales.

- 802.11d - Dominios adicionales de regulación.
- 802.11e – QoS (Calidad de Servicio).
- 802.11f - Inter-Access Point Protocol (IAPP) (*Draft* 2003).
- 802.11g - Mayores velocidades (>20 Mbps) 2.4 GHz.
- 802.11h - Mecanismos de selección dinámica de frecuencias y control de potencia de transmisión.
- 802.11i - Seguridad y Autenticación.
- 802.11j: Extensiones para operaciones en Japón. Cambios de 802.11a para operar a 5GHz in Japón.
- 802.11k: Métodos para medidas de canales.
- 802.11m: Actualizaciones del estándar 802.11.
- 802.11n: Alta tasa de bits alrededor de 100 Mbps.
- 802.11p: Comunicaciones para los automóviles planeadas para velocidades relativas de 200 Km/h y rangos sobre 1000m, banda de 5.850-5.925GHz en Norte América [4].
- 802.11q - (802.1q VLAN *trunking*).
- 802.11r - Fast roaming
- 802.11s - ESS Redes malladas.

[4] www.cs.utsa.edu/~korkmaz/teaching/cs6543/ppt-wn/C07-Wireless_LANs.ppt

- 802.11T - Wireless Performance Prediction (WPP).
- 802.11u - *Interworking* sin redes 802.11 (ejemplo: celular).
- 802.11v – Administración de redes inalámbricas.
- 802.11w –Protección y administración estructurada [2] .

1.1.1.2 Ventajas

Dentro de las múltiples ventajas que hace de este estándar atractivo cabe resaltar las siguientes:

- Movilidad y conectividad

Un usuario puede conectar su dispositivo inalámbrico y moverse libremente por la infraestructura de red sin que afecte su desempeño.

Las redes inalámbricas son mucho más fáciles de desplegar y conectar en un tiempo mínimo a comparación de las redes cableadas por lo que las hace mucho más atractivas para el consumidor final [3].

- Acceso a servicio de Internet en cualquier lugar y a cualquier hora.

Con esta tecnología se puede llevar servicio de Internet en áreas de difícil acceso causadas por accidentes geográficos o edificaciones antiguas donde es difícil de cablear, las 24 horas del día y los 365 días del año.

Por ejemplo, en los Campus Universitarios, donde profesores y alumnos pueden estar conectados cuando y donde lo deseen.

- Escalabilidad

[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

[3] www.it.uniovi.es/material/telecomunicacion/rstr/Tema5.pdf

Los equipos basados en el estándar 802.11 pueden configurarse en instancias múltiples desarrollando una interfaz viable para los instaladores además de agregarse usuarios fácilmente [3] .

- Capacidad en ancho de Banda

Alcanzado dependiendo del equipo y del estándar seleccionado, esta capacidad tiene niveles aceptables.

- Crecimiento adaptado a la demanda

Una ventaja importante del estándar es que una vez instalada la infraestructura inalámbrica, se puede tener un incremento de la demanda, lo que hace posible instalar más equipos según se incrementen los usuarios sin introducir cambios a la infraestructura.

- Bajo costo en la distribución y mantenimiento

Los dispositivos conectados inalámbricamente y basados en el estándar 802.11 no requieren de una infraestructura cableada lo que conlleva a un ahorro significativo en el cobre, fibra óptica, enlaces coaxiales y su obra civil además de su bajo costo en mantenimiento [3].

- Mayor Madurez y variedad de equipos

Se puede encontrar una amplia variedad de equipos basados en el estándar IEEE 802.11b y por ser un estándar que ha perdurado varios años la hace asequible y atractiva al usuario.

Una ventaja de IEEE 802.11b es que usa técnicas de espectro ensanchado, más adecuadas a priori, para entornos ruidosos.

[3] www.it.uniovi.es/material/telecomunicacion/rstr/Tema5.pdf

Además la familia de estándares 802.11 provee de prestaciones tales como la calidad de servicio (802.11e), algoritmos para seguridades (802.11i) e inclusive alcanzarán estándares que controlan y administran las redes inalámbricas.

1.1.1.3 Desventajas

- No construye una Calidad de servicio, modifica el estándar existente dependiendo de los requerimientos.

A medida de que el estándar avanza, los usuarios tienen nuevos requerimientos y exigencias que la 802.11 no supe al instante. Por tal motivo es una desventaja en tiempo de respuesta para la solución de problemas y exigencias.

- Velocidades y distancias limitadas.

Las velocidades de transmisión la potencia y las distancias están preestablecidas en la 802.11 lo que las estanca en una norma inconvencible para estos parámetros.

Tabla. 1.2. Características de los estándares 802.11

CARACTERÍSTICA	802.11 a	802.11 b	802.11 g
Potencia	30-100 mW	30-100 mW	30-100 mW
Tasa de Bits	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps
Cobertura	50 Metros	100 Metros	100 Metros

- Servicios de *best effort*

Por el hecho de que las transmisiones siguen siendo menores las de una LAN cableada en lo que respecta a tasa de bits. Además las transmisiones pueden ser inesperadamente interrumpidas por transmisiones bluetooth.

- Medio compartido

El ancho de banda es compartido lo que es una desventaja significativa para esta norma. Entre mayor sea el número de usuarios conectados a un AP (Punto de acceso) mas lento será el trafico.

- Elevado costo de instalación

Los equipos basados en este estándar tienen un costo moderado pero la instalación de aquellos es un factor que debe tomarse en cuenta a la hora de una implementación.

Una de las desventajas es que el estándar IEEE 802.11 no esta terminado completamente, lo que la convierte en una tecnología en avance, en algunos casos estos estándares están actualmente en estudio y se prevé que para el 2008 todo el estándar esté listos y en actividad.

1.1.1.4 Infraestructura

Las WLAN basadas en el estándar americano pueden ser consideradas como una infraestructura basada en celdas, donde cada punto de acceso AP controla una celda también llamada BSS (*Basic Service Set*).

Una célula BSS es un grupo de estaciones que usan la misma frecuencia de radio y constan de varios dispositivos inalámbricos y una estación central llamada AP (*Access Point*) en la terminología 802.11.

Un ESS (*Extended Service Set*) es un conjunto de varios BSS [1].

En la figura a continuación se ilustra la infraestructura de una 802.11 LAN.

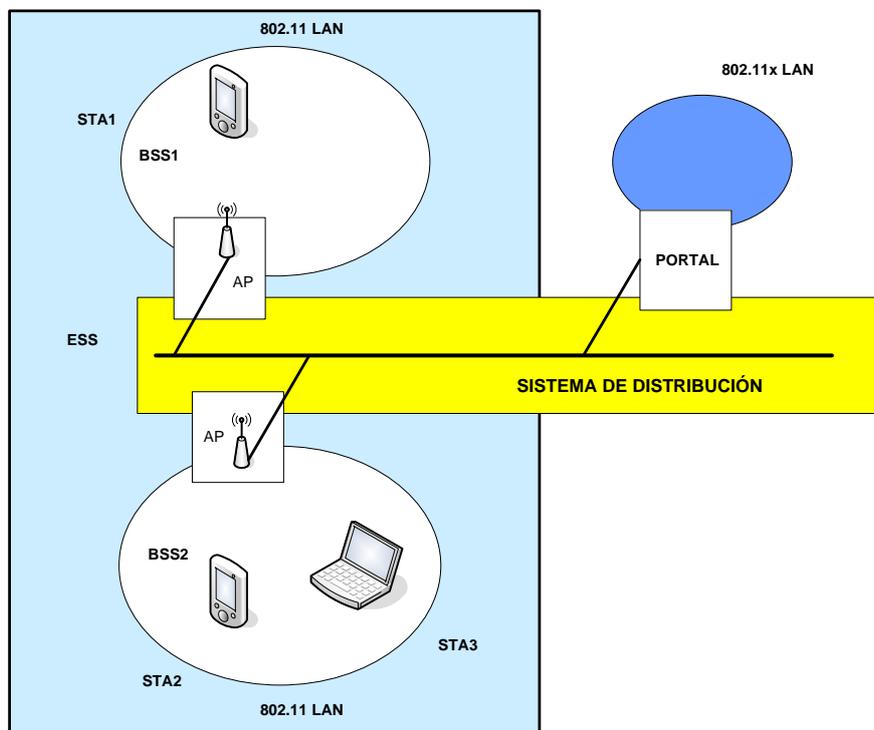


Figura. 1.3. Infraestructura WLAN (802.11)

Un DS(sistema de distribución) es aquella en la cual múltiples AP pueden ser conectados en una red cableada y pueden utilizar los protocolos superiores como la 802.3⁶ usado para las ethernet cableadas [1], [3].

Un portal no es más que un puente hacia otras redes inalámbricas.

Las estaciones inalámbricas pueden ser fijas o móviles y están dentro del área de cobertura de un punto de acceso y se comunican mediante el protocolo 802.11.

A continuación se muestra la estructura de varios BSS.

⁶ 802.3: Estándar para LAN's cableadas (Ethernet).

[1] www.ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4118.pdf#search=%22Rfc4118.pdf%22

[3] www.it.uniovi.es/material/telecomunicacion/rstr/Tema5.pdf

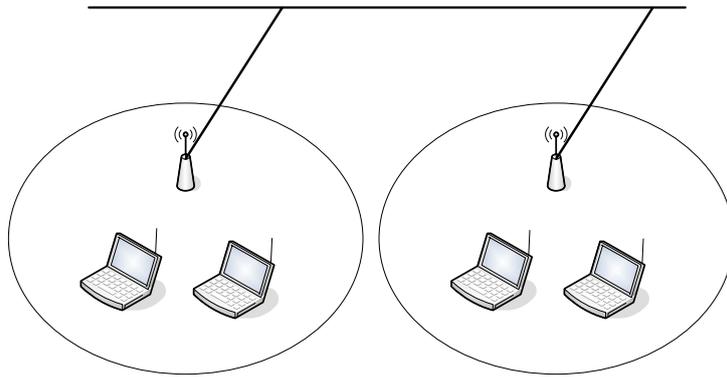


Figura. 1.4. Basic Service Set (BSS)

Así, se puede construir una infraestructura inalámbrica con los siguientes elementos.

- STA o estación Terminal con mecanismos de acceso a medios inalámbricos.
- BSS o grupo de estaciones que usan la misma frecuencia de radio.
- AP o estaciones que integran las LAN inalámbricas y el sistema de distribución.
- Portal o puente de unión hacia otras redes inalámbricas.
- DS o red de interconexión entre varios BSS (*Basic Service Set*) [1], [3].

1.1.1.5 Seguridades

Una de las principales prioridades del estándar 802.11 ha sido brindar las seguridades necesarias e indispensables para las redes de área local inalámbricas. Uno de sus primeros intentos en seguridad fue el denominado *Wired Equivalent Privacy* (WEP).

[1] www.ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4118.pdf#search=%22Rfc4118.pdf%22
 [3] www.it.uniovi.es/material/telecomunicacion/rstr/Tema5.pdf

Este algoritmo proporcionaba una seguridad de datos que lograba prevenir el acceso de red de los intrusos y evitar la captura de tráfico a través de una recepción de señal no autorizada pero al ser poco confiable, las empresas no la adoptaron en su totalidad [6].

Más tarde, la Wi-Fi Alliance observó y mejoró el problema de seguridades inalámbricas denominando a su nueva solución interina como *WiFi Protect Access* (WPA) que esta basada en el estándar 802.11i.

Una nueva versión es la 802.11w que esta capacitada para facilitar la seguridad y que se denomina WPA y WPA2.

La especificación original de la 802.11 brindaba los siguientes mecanismos de seguridad para proteger a las WLAN.

- SSID (Identificador de servicio). Simplemente es una contraseña que identifica al usuario en la red WLAN pero este método de control no es muy confiable si se lo aplica solo.
- Filtrado con dirección MAC (Control de acceso al medio). Este filtrado restringe a intrusos con dispositivos inalámbricos cuya dirección MAC de su adaptador no este dentro de una lista creada para cada AP.
- WEP (Privacidad equivalente a cable). Es un esquema de encriptación que protege los flujos de datos entre clientes y puntos de acceso consta llaves de 40 y 128 bits mediante el algoritmo RC4.

Cada estación tiene una clave que se utiliza para cifrar los datos antes de transmitirlos. Si una estación recibe un paquete no cifrado con la clave apropiada, lo deshecha y no se entrega al *host* [6].

Para corregir los defectos que el algoritmo WEP una nueva norma denominada 802.11X es diseñada por la IEEE y define mecanismos para proporcionar un acceso controlado entre puntos de acceso, clientes con dispositivos inalámbricos y servidores.

Un mecanismo mas actual WPA fue construido en base al algoritmo WEP y esta diseñado y analizado por importantes criptógrafos para mejorar y reforzar las redes LAN inalámbricas.

Así, este algoritmo proporciona una muy compleja y mayor encriptación además de adicionar autenticación de usuario que en algoritmo WEP no estaba contemplado [6].

1.1.2 ESTÁNDAR EUROPEO PARA REDES LAN INALÁMBRICAS

1.1.2.1 Características Generales

High Performance Radio LAN es un estándar desarrollado en Europa por la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) y es la nueva generación de tecnologías de las LAN inalámbricas.

Se inicio en 1991 y es una familia de estándares que trabajan en las bandas de frecuencia de 5,15-5,3Ghz y 17.1-17.3Ghz y como un esfuerzo llamado BRAN (*Broadband Radio Access Network*).

Este estándar asegura la interoperabilidad entre diferentes fabricantes de equipos de comunicaciones inalámbricos y a diferencia del estándar americano

[6] www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/agosto/redes.htm

802.11 no esta sujeto a presiones de mercadeo de las grandes empresas y al aspecto comercial.

Claramente se pueden visualizar cuatro categorías o tipos para las HIPERLAN.

- HIPERLAN TIPO 1
- HIPERLAN TIPO 2
- HIPERLAN TIPO 3
- HIPERLAN TIPO 4

HiperLan 1.

Su esquema de transmisión es parecido al tan conocido GSM porque utiliza TDMA (*Time Divison Medium Access*) y GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*) como esquema de modulación.

En sus inicios el rango de cobertura es de 50 metros, la frecuencia de operación esta dentro del rango comprendido entre 5,1 a 5,3 GHz, tiene una baja movilidad menores a 10 m/s y la tasa de bits es de 23.5 Mbps y fue diseñada para construir redes ad-hoc.

Por la frecuencia a al cual trabaja no genera conflictos con los hornos microondas y equipos trabajando a esta frecuencia, además de no requiere de control central y configuración por lo que es totalmente una red ad-hoc[7].

[7] www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm

HiperLan 2.

Nombre original BRAN HIPERLAN Type 2, H/2 o simplemente HIPERLAN/2 es más eficiente que la 802.11 a. Para las redes bajo el estándar HIPERLAN 2, tienen su principal aplicación en el acceso a las redes ATM mixtas su rango de cobertura es de 50 a 100 metros, la tasa de transmisión alcanza los 54 Mbps pero el valor real de 42 Mbps la sitúa en una mejor tasa de transmisión comparable con los 18 Mbps alcanzados por Wi-Fi.

Utiliza el mismo rango de frecuencia que HIPERLAN 1 de 5.1 a 5.3 GHz y fue diseñada para administrar infraestructuras y sistemas de distribución inalámbricos. Además es uno de los primeros en usar OFDM como esquema de modulación.

Las capas básicas que cubren las HiperLan 2 son: Capa Física (PHY), Capa de control de enlace de datos (DLC) y la capa de Convergencia (CL) [7].

Dentro de las características de las HiperLan 2 tenemos:

- Alta velocidad de transmisión.
- Orientado a la conexión.
- Soporte en QoS⁷.
- Seguridad.
- Ahorro de energía.
- Movilidad.

⁷ QoS: Quality of Service (Calidad de servicio).
[7] www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm

HiperLan 3.

Tiene su principal característica en su cobertura, alcanza hasta 5000 metros y su tasa de bits son mayores a 20 Mbps y su principal aplicación es para lazos de redes inalámbricas y *backbones* de radio internos.

HiperLan 4.

Por último HiperLan 4 alcanza tasas de transmisión hasta de 155 Mbps y su aplicación es en las conexiones de redes inalámbricas ATM punto a punto, alcanza 150 metros de cobertura pero su desventaja es que su movilidad es estática.

La tabla a continuación muestra una comparación de los tipos de HIPERLAN con respecto a sus características principales.

Tabla. 1.3. Características Principales de Las HIPERLAN

	HIPERLAN 1	HIPERLAN 2	HIPERLAN 3	HIPERLAN 4
FRECUENCIA	5,1-5,3 GHz	5,1-5,3 GHz	5,1-5,3 GHz	17,2-17,3 GHz
TOPOLOGÍA	Infraestructura descentralizada	Centralizada, celular	Punto-Multipunto	Punto-Punto
TASA DE BITS	23,5 Mbps	>20 Mbps	>20 Mbps	155 Mbps
MOVILIDAD	<10 m/s	<10 m/s	Estacionario	Estacionario
ALCANCE	50 m	50-100 m	5000 m	150 m
INTERFASE	LAN's Convencionales	Redes ATM	Redes ATM	Redes ATM

Con HIPERLAN la capa MAC (Control de acceso al Medio) se divide en CAC (Control de acceso al canal) y la capa MAC.

La capa CAC (Control de acceso al canal) define como se hace el acceso al canal dependiendo de si el canal está ocupado o que nivel de prioridad está usando.

A continuación se muestra una comparación entre las capas de los diferentes estándares, HiperLan, OSI⁸ e IEEE 802.11.

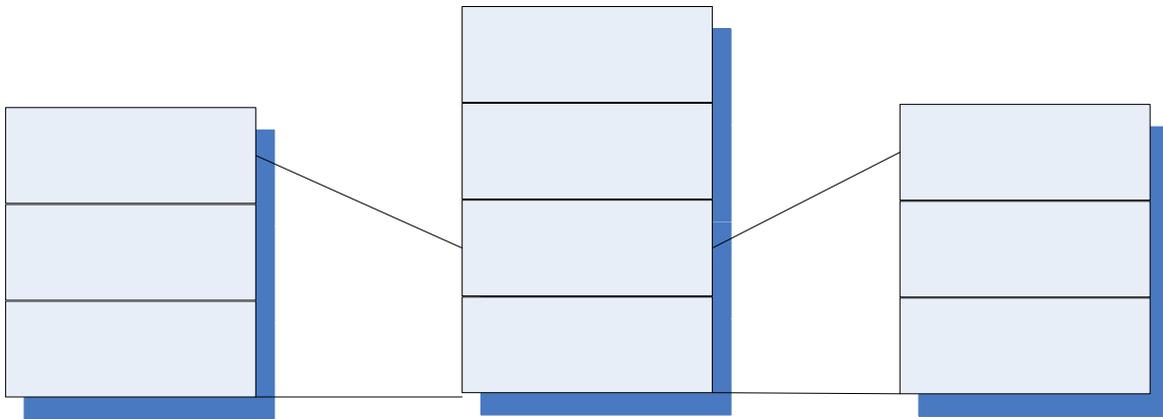


Figura. 1.5. Modelos de capas WLAN

Capa de Control de Acceso
al Medio

1.1.2.2 Ventajas

Capa de Control de Acceso
al Canal

La primera ventaja de las HiperLan es que trabajan en una banda dedicada de 5,1 a 5,3 GHz en Europa, además de no incluir *Spread Spectrum* como técnica de transmisión.

Capa Física

Además se puede obtener ventajas tales como:

- Considerablemente elevada Tasa de transmisión

Desde 23,5 Mbps y 5 canales mixtos la hace muy atractiva para los consumidores finales.

⁸ OSI: *Open Systems Interconnection*

- Encriptación y ahorro de potencia

El protocolo incluye una encriptación opcional mas no un algoritmo como en la 802.11 y ahorro de potencia.

- Compatibilidad estabilidad y flexibilidad

Es compatible con Ethernet cableadas y no cableadas [8] .

- Movilidad y conectividad

El usuario puede conectar su dispositivo inalámbrico y moverse libremente por la infraestructura de red sin que afecte su desempeño.

Las redes inalámbricas HiperLan son más fáciles de desplegar y conectar en un tiempo mínimo a comparación de las redes cableadas por lo que las hace mucho más atractivas al consumidor final.

- Acceso a servicio de Internet.

Con esta tecnología se puede llevar servicio de Internet en áreas de difícil acceso causadas por accidentes geográficos o edificaciones antiguas donde es difícil de cablear.

Además el protocolo usa una variante de CSMA/CA basado en empaquetamiento de tiempo y prioridad conjuntamente con retransmisiones a nivel MAC.

1.1.2.3 Desventajas

[8] www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm

Dentro de las desventajas tenemos:

- No posee servicio isócrono.

La mayor deficiencia del estándar HiperLan es que no posee un servicio isócrono [8].

- No especifica mecanismos para los puntos de acceso.
- Estándar relativamente nuevo

No ha sido probado trabajando en una larga escala en tiempo real [8].

Además por ser un estándar en construcción y bajo pruebas tiene una desventaja considerable al momento de implementarla.

- Compatibilidad

Al ser una tecnología que esta emergiendo, son pocos los equipos compatibles existentes en el mercado, además se suma la presión de su competidor 802.11 por la razón de haber acaparado el mercado en lo que a equipos y tecnología se refiere.

- Medio compartido

El ancho de banda es compartido lo que es una desventaja significativa para esta norma. Entre mayor sea el número de usuarios conectados a un AP mas lento será el tráfico.

- Elevado costo de instalación

[8] www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm

Los equipos basados en este estándar tienen un costo moderado pero la instalación de aquellos es un factor que debe tomarse en cuenta a la hora de una implementación.

Además las modulaciones usadas en HIPERLAN tipo 1 son más sensibles al ruido y a la ISI⁹.

HiperLan sufre las mismas deficiencias que la 802.11 los requerimientos son rigurosos y los protocolos complejos dando como resultado un protocolo de aplicación costoso [8].

1.1.2.4 Infraestructura

HiperLan tiene dos modos de funcionamiento:

- Modo Directo empleado para redes ad-hoc.
- Modo centralizado: El AP permite la comunicación entre Terminales Móviles(MT)

Modo directo.

Para las HiperLan tipo 1 este modo de operación es el especificado, por no requerir de control central y configuración así que es totalmente una red ad-hoc.

En la Figura.1.6. se detalla la infraestructura de una red ad-hoc

⁹ ISI: Interferencia ínter simbólica
[8] www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm

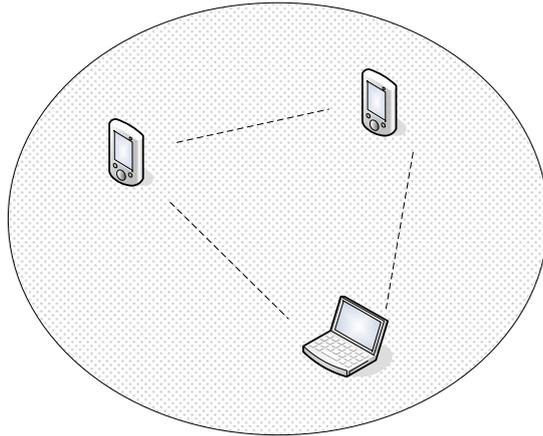


Figura. 1.6. Arquitectura de una red ad-hoc

PDA

Modo Centralizado.

Se encuentra en el uso de las redes HiperLan 2 y permite la comunicación entre APs y MTs.

Orientado a la conexión, esta infraestructura se conecta a una red cableada que puede ser una Ethernet, ATM o UMTS dando una ventaja notable con respecto a su competidor Wi-Fi e implantando a la nueva tecnología denominada WATM (Wireless ATM).

En la Figura. 1.7. se puede observar la infraestructura de una HiperLan en modo centralizado.

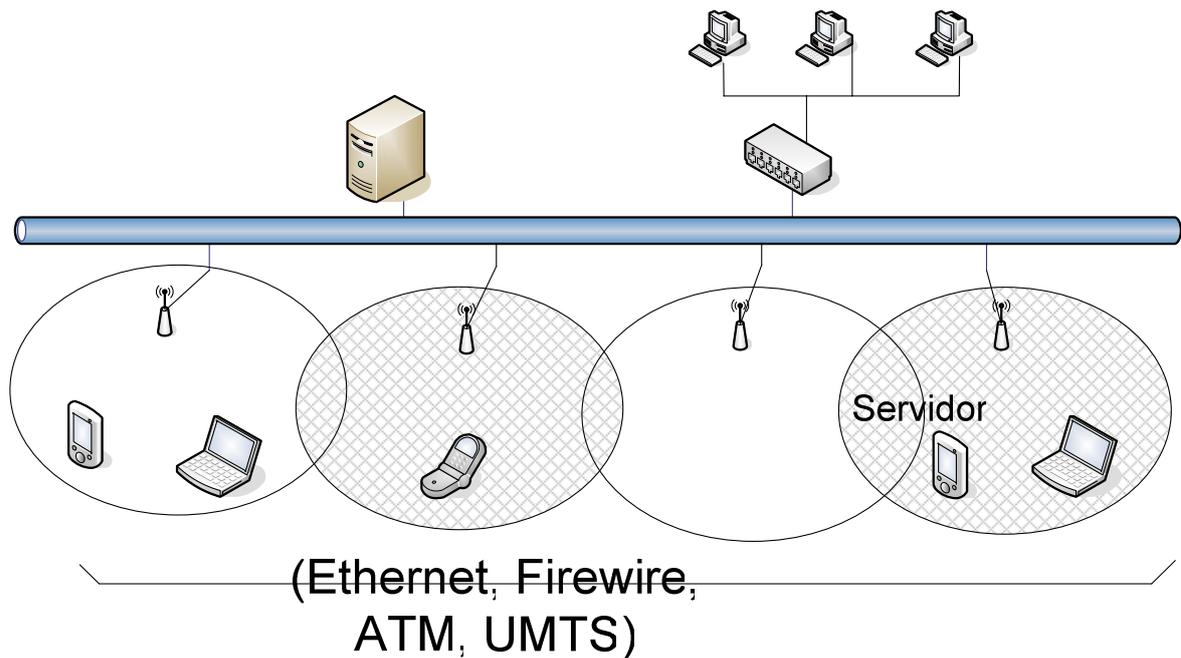


Figura. 1.7. Infraestructura de Red HiperLan 2

Las WLAN basadas en el estándar europeo son muy similares a las WLAN americanas, son consideradas como infraestructuras basadas en celdas, donde cada punto de acceso AP controla una célula también llamada BSS.

MT

MT

MT

Una celda BSS es un grupo de estaciones que usan la misma frecuencia de radio y constan de varios dispositivos inalámbricos y una estación central llamada AP igual que en la IEEE 802.11 [4]. Un ESS es un conjunto de varios BSS.

BSS 1

BSS 2

Un sistema de distribución DS es aquella en la cual múltiples AP pueden ser conectados en una red cableada que puede ser ATM, UMTS e incluso Ethernet convencional.

Así, se puede construir una infraestructura inalámbrica HiperLan con los siguientes elementos.

[4] www.cs.utsa.edu/~korkmaz/teaching/cs6543/ppt-wn/C07-Wireless_LANs.ppt

- STA o estación Terminal con mecanismos de acceso a medios inalámbricos.
- BSS o grupo de estaciones que usan la misma frecuencia de radio.
- AP o estaciones que integran las LAN inalámbricas y el sistema de distribución.
- Portal o puente de unión hacia otras redes inalámbricas.
- DS o red de interconexión entre varios BSS. [4].

1.1.2.5 Seguridades

Una prioridad del estándar HiperLan y en el caso concreto HiperLan/2 ha sido brindar las seguridades necesarias e indispensables para las redes de área local inalámbricas.

En las redes HiperLan 2 son conjugas la autenticación y la encriptación. Un método de encriptación usado anteriormente fue el DES (*Data Encryption Estándar*) que utilizaba llaves de 56 bits con la característica de que al ser poco confiable no obtuvo acogida en el consumidor final.

Luego, algoritmos de triple DES (3DES) que son actualmente mas usados por las HiperLan/2, fue una variante que actualizó y mejoró la encriptación aunque existen todavía ataques teóricos y dudas sobre este método de cifrado de datos. Una última actualización es un algoritmo de encriptación llamado DEA (*Data Encryption Algorithm*) que no es mas que la ultima versión de la ya antigua DES. [9].

[4] www.cs.utsa.edu/~korkmaz/teaching/cs6543/ppt-wn/C07-Wireless_LANs.ppt
[9] www.en.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard

Estos algoritmos tienen la función de establecer un método para cifrar y descifrar la información o bloques de datos.

Así, 3DES o triple DES, consiste en la aplicación de DES tres veces consecutivas con diferentes claves cada una, pero su mayor desventaja radica en que es bastante lento.

Esta forma de cifrado es más potente con 168 bits a diferencia de los 56 bits iniciales con el método DES, con el fin de conseguir privacidad u autenticidad de la información [10].

[10] www.csrc.nist.gov/publications/fips/fips46-3/fips46-3.pdf

Capítulo II

ANÁLISIS DE LA RED ACTUAL DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

2.1 INFRAESTRUCTURA

Los computadores personales provistos de tarjeta de red inalámbrica en la Escuela Politécnica del Ejército se comunican con el punto de acceso que conecta entre sí una red inalámbrica y una red cableada como se muestra en la figura 2.1.

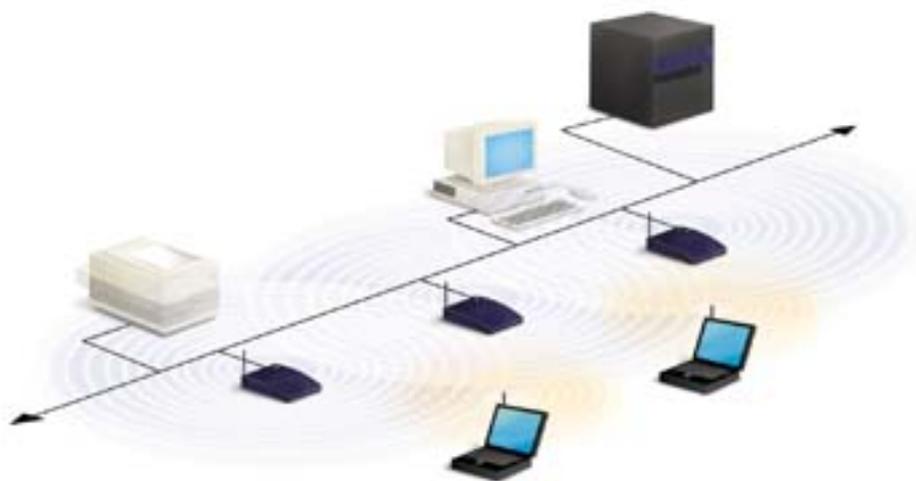


Figura. 2.1. Estructura Inalámbrica

Para dar cobertura a una zona hay que instalar varios puntos de acceso de forma que las áreas a ser cubiertas (llamadas celdas) se solapen parcialmente para que el usuario se pueda mover con libertad sin perder la conexión. Pueden utilizarse hasta tres coberturas superpuestas simultáneamente y sin interferencia, pero hay que tener en cuenta que deben tener frecuencias distintas, es decir, deben utilizar distintos canales. Debe existir una separación de 25 MHz (5 canales) entre celdas con superposición de señales.

Se produce diafonía cuando los puntos de acceso detectan las señales de otros puntos adyacentes. En ese caso, el tráfico de la información proveniente de los distintos ordenadores colisiona en los puntos de acceso y ocurre una mezcla de información. Como los puntos de acceso necesitan un tiempo para clasificar la información combinada, hay una reducción considerable del rendimiento.

El número de usuarios en una WLAN es prácticamente ilimitado y puede ampliarse añadiendo más puntos de acceso. El ancho de banda es compartido por los usuarios como en las redes cableadas, por lo que cuantos más usuarios hayan para el AP, más lento irá el tráfico.

Para que un cliente y un AP puedan comunicarse, requieren tener el mismo SSID, que es el nombre de la red compartida por las computadoras. Este nombre debe ponerse en un campo que aparece cuando se ejecuta el software de configuración.

El cliente localiza el punto de acceso con la señal más intensa, se asocia a él y configura el canal correspondiente a ese punto de acceso. La Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí tiene Puntos de Acceso ubicados estratégicamente con el fin de soportar los requerimientos de los usuarios más no para abarcar todo el Campus.

La tecnología de comunicación inalámbrica utilizada para el campus aprovecha las señales de radio. Los puntos de acceso están ligados a un switch físicamente a través de cable UTP.

El *switch* o conmutador está enlazado con el CORE¹⁰ del departamento de TIC's a través de fibra óptica en lo que se la denomina VLAN2 como se muestra en la figura. 2.2.

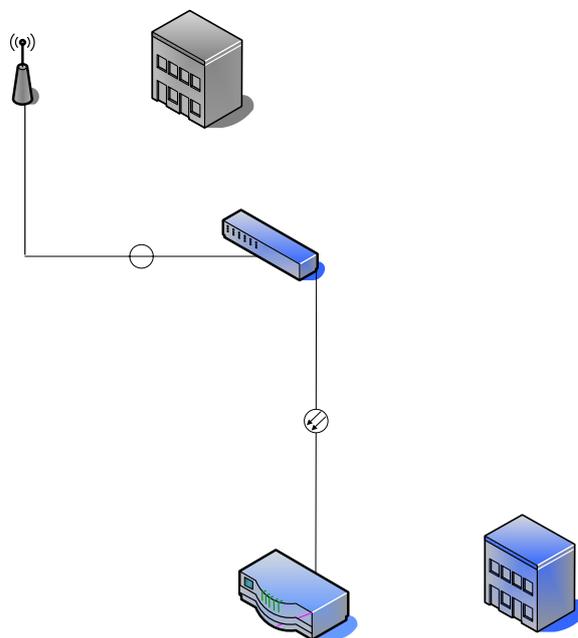


Figura. 2.2. Estructura Básica

Punto de
Acceso

Edificio n

UTP

Switch

¹⁰ CORE: Corazón o Central de Red

2.2 COBERTURA

Para analizar la cobertura fueron necesarios varios puntos importantes en el desarrollo y análisis de la situación actual de la red inalámbrica de la Escuela Politécnica del Ejército.

Primero se requirió realizar un *Site Survey* al campus y a las dependencias de mayor concurrencia; en donde el personal que labora y estudia, están mayoritariamente conectada a los Puntos de Acceso.

Para el caso, se requirió de la ayuda de un software especializado en la obtención de los niveles de señal, la potencia y diversos factores que son imprescindibles e indispensables en la construcción de una red de infraestructura inalámbrica.

Este software llamado *Wirelessmon* versión 2 es una herramienta que permite al usuario monitorear el estatus de los adaptadores inalámbricos y obtener información detallada acerca de los Puntos de Acceso cercanos en tiempo real.

Entre las aplicaciones se puede mencionar:

- Verificar si la configuración de la red es la correcta.
- Probar si el hardware Wi-Fi y el equipo funciona correctamente.
- Visualizar los niveles de la señal de una red Wi-Fi y de redes cercanas.
- Ayudar a localizar fuentes de interferencia en la red
- Ayudar a direccionar la antena correctamente (especialmente importante para antenas direccionales).
- Verificar los parámetros de seguridades en los Puntos de Acceso locales.
- Medir la calidad de la red y visualizar las tasa de bits disponibles.

Wirelessmon además provee de un gráfico comprensivo de los niveles de señal en tiempo real así como estadísticas IP y Wi-Fi.

En la figura 2.3 se puede apreciar la interfaz grafica del programa en mención en una captura para el campus.

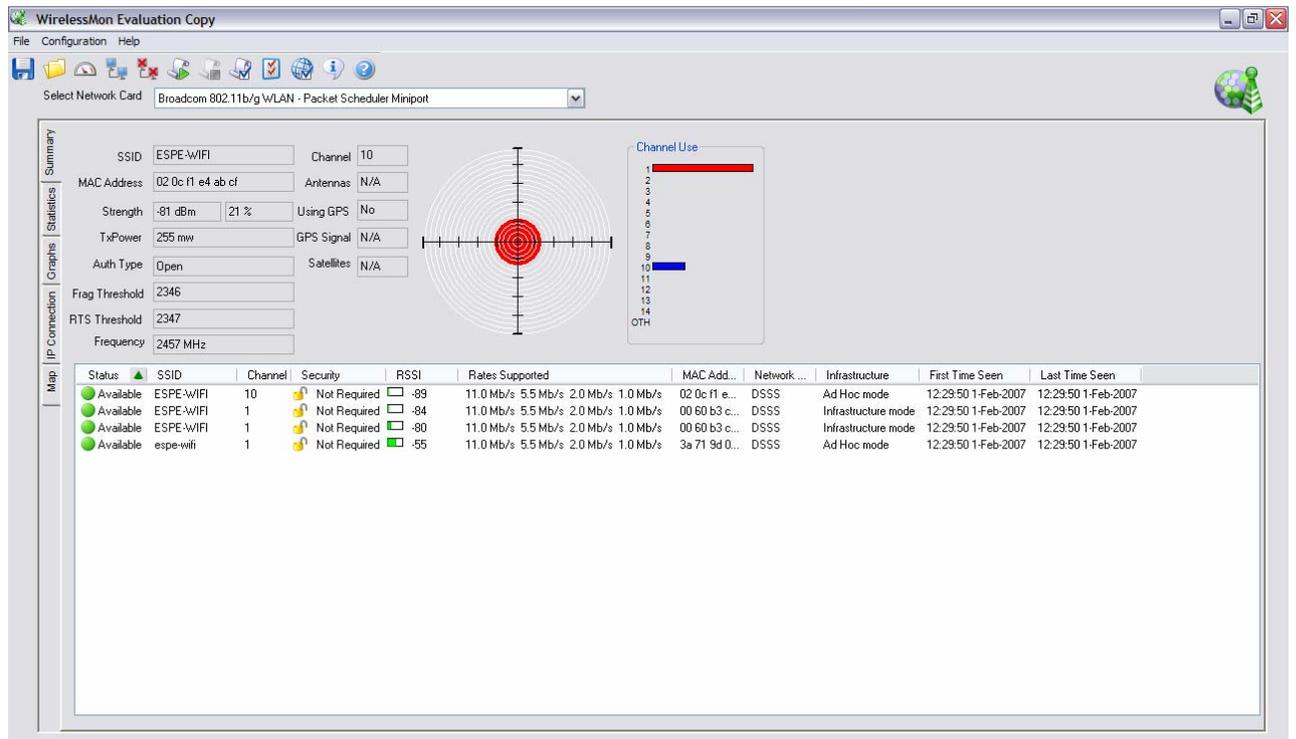


Figura. 2.3. Interfaz Grafica del Software Wirelessmon

Como se puede observar incluso hace referencia a la dirección MAC, el canal utilizado y si la seguridad corresponde a WEP o WAP según esté indicado y en el caso particular de la del campus se encuentra desactivado.

Además hace referencia a la tasa de bits soportados por la red y el tipo de infraestructura. En los anexos A1 hasta anexo A9 se puede apreciar el resultado del *site survey* realizado el 1 de Febrero del 2007.

Otra situación interesante es que este programa puede mapear los niveles solamente cargando un plano o figura y *wirelessmon* se encarga de visualizar los niveles con sus diferentes estatus identificando con colores el porcentaje de la señal.

Como se puede apreciar en los anexos los niveles de señal fluctúan entre -25 dBs que se refiere a una buena señal y -98 dBs que tiene como consecuencia una señal bastante débil.

Así, en el campus donde existe mejor señal y mejor probabilidad de conectarse se grafica con puntos de color rojo en los planos adjuntos, mas en el caso de que los niveles sean de color azul es donde se tiene una señal bastante débil e incluso en ciertos caso se debe a que no existe señal alguna.

Es posible que para este caso de carencia de señal, los principales obstáculos sean la cantidad de paredes que sean los que estén afectando la buena recepción de dicha señal.

Por ejemplo en el caso del edificio central se puede observar una señal aceptable en las dependencias en donde se encuentra el punto de acceso más cercano, mas en el lado opuesto del edificio una señal bastante débil dificulta la conexión a la red inalámbrica.

La potencia de transmisión si es fija y está en los 255 mW y la frecuencia estable en los 2462 MHz que esta dentro del canal de operación Ch 1.

2.3 PUNTOS DE ACCESO

Un AP (Punto de Acceso) es un dispositivo inalámbrico que mediante sistema de radio frecuencia se encarga de recibir información de diferentes estaciones móviles. Este dispositivo "capta" la información de las estaciones y las transmite (esta vez, por medio de cables) a un servidor, que puede ser único o formar parte de una red, cableada, más extensa. Su alcance aproximado es de 100 metros, nos permite movilidad, comodidad, estética, ahorros de instalaciones, etc.

Los equipos de serie TRANZEO TR-6000 proporcionan un rendimiento inalámbrico comparable con una red Ethernet. Además ofrece buenas herramientas como por ejemplo configuración de utilidades basada en Internet como seguridad WEP Y WPA. Maximiza la eficiencia de la red mientras minimiza la inversión y el costo de mantenimiento.

Tiene dos puertos Ethernet disponibles, donde el puerto A se usa para conectar el radio al case del mismo y el puerto B es usado para proveer conectividad Ethernet hacia otros equipos.

Este permite conectar en cascada múltiples equipos al mismo tiempo como es el caso de la Facultad de Ingeniería Electrónica con el Edificio de Posgrados y su aspecto se muestra en la figura 2.4.



Figura. 2.4. Estructura Básica

Los AP en el Campus están ubicados de la siguiente manera:

- Edificio de Posgrados. En donde existen varios puntos de acceso, uno en el primer piso de uso interno y otro ubicado en el auditorio de Posgrados.
- Edificio Central. Ubicado en el Tercer Piso.
- Edificio de la MED en el primer piso.
- Coliseo, más específicamente la Facultad de Educación Física en el área de Desarrollo Físico.
- Facultad de Ingeniería Electrónica.
- BAR
- Biblioteca

En las figuras 2.5. y 2.6. se pueden observar las ubicaciones físicas de los puntos de acceso en las zonas especificadas.



Figura. 2.5. Ubicación de los Puntos de acceso



Figura. 2.6. Ubicación de los Puntos de acceso

2.4 EQUIPOS

Para la red de la Escuela Politécnica del Ejército se tienen los siguientes componentes y equipos.

- Puntos de acceso
- *Adaptador Power Over Ethernet (POE)*
- Antenas
- Supresor de Picos
- *CORE*
- *Switch* de Borde

Punto de Acceso.

Los equipos que actualmente están operando de la marca *TRANZEO WIRELESS TECHNOLOGIES INC.* están basados en el estándar de la IEEE 802.11 b, así, la tasa de transmisión de 11Mbps es la utilizada para cada punto de acceso. Por tal motivo, la frecuencia de operación de 2.4 GHz es común en los dispositivos trabajando bajo este estándar.

Emplea DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) y utiliza modulación con forma de onda CCK (*Complimentary Code Keying*). Una de las vulnerabilidades de trabajar con la banda de los 2.4 GHz, es la interferencia producida por aparatos electrónicos que operan bajo esta frecuencia como por ejemplo hornos microondas, teléfonos inalámbricos y equipos con tecnología Bluetooth. [2]

Así, este equipo utiliza señales de radio microonda en vez del tradicional cable de cobre, cable coaxial o hilos de fibra óptica, con el fin de transmitir voz y datos. Ha estos equipos de tecnología inalámbrica se los denomina “Fijos”, pues estos son usados estáticamente.

[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

Además los equipos pueden utilizar dos configuraciones de red como la configuración punto a punto y punto a multipunto.

En la figura 2.7 se muestra las dos posibles configuraciones.

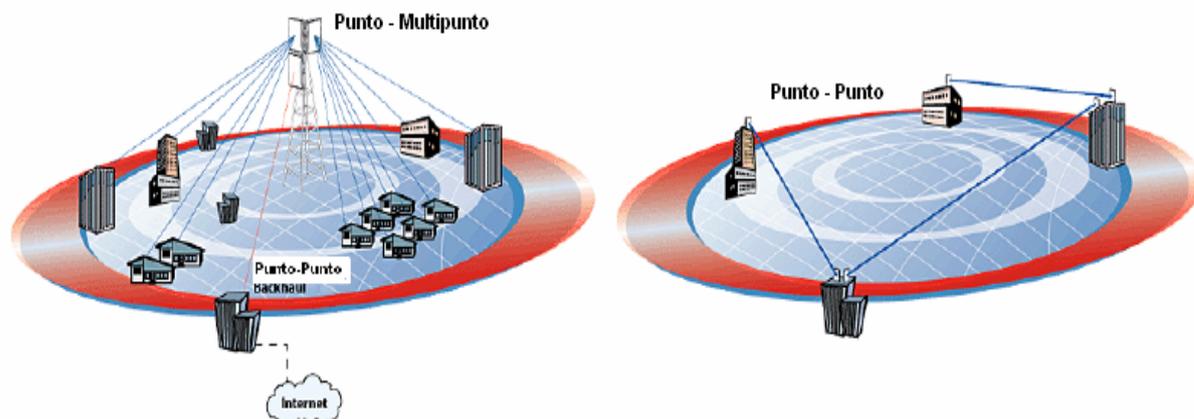


Figura. 2.7. Configuraciones Punto-Punto y Punto-Multipunto

En la tabla 2.1 se muestra las características técnicas de los equipos instalados en el Campus.

Tabla. 2.1. Características Técnicas de los Puntos de Acceso [11]

Modelo
Tranzeo Wireless Technologies Inc.
TR-6000
SN: TR60A01308
11 Mbps Wireless LAN Access Point

Características		
<i>Estándar</i>		802.11b
<i>Rango de Frecuencia</i>		2401MHz a 2483,5MHz
<i>Modo de Operación</i>		Punto de Acceso/Punto a Punto/CPE(Customer Permisse Equipment)
<i>Tasa de transmisión & Modulación</i>		11 Mbps & 5.5 Mbps CCK, 2 Mbps DQPSK, 1 Mbps DBPSK
<i>Método de Comunicación</i>		Semi Duplex.
<i>Potencia de Transmisión</i>		+23dBm máx.
<i>Polarización</i>		Horizontal o Vertical
Administración		
<i>Configuración Remota</i>		Basado en IP Address
<i>Administración del dispositivo</i>		Windows Utility, Web-Based Management

[11] www.tranzeo.com/products/radios/TR-6000-Series

<i>Protocolo Soportado</i>		TCP/IP
<i>Seguridad</i>		40 Bits y 128 bits Encriptación WEP, filtrado MAC, WPA
<i>Conector de Ethernet</i>		10/100 base T(RJ-45)
<i>Temperatura de Operación</i>		-65°C a +70°C
Fuente de Poder		
<i>Estándar</i>		AC wall Plug Entrada: 120V 60 Hz Salida: 18V, 1000mA

Adaptador *Power Over Ethernet* (POE).

Power over Ethernet o corriente sobre la Ethernet es una tecnología para redes de área local basadas en Ethernet, que permite que la energía requerida para la operación de los dispositivos sea transmitida por la red de datos en vez de cables de poder, permite la alimentación eléctrica de dispositivos de red a través de un cable UTP / STP en una red ethernet.

POE se rige según el estándar IEEE 802.3af¹¹ y abre grandes posibilidades a la hora de dar alimentación a dispositivos tales como cámaras de seguridad o puntos de acceso inalámbricos. Esto minimiza el número de cables que se deben tender para instalar la red, resultando en menores costos, menos tiempo de interrupción, más fácil mantenimiento, y mayor flexibilidad en la instalación cuando se compara con el alambrado tradicional.

Para que esta tecnología funcione, la corriente eléctrica debe ingresar al cable en la fuente de energía, y salir en la entrada del aparato en cierta forma que la corriente se mantenga separada de la señal de datos para que no haya interferencia entre los dos.

¹¹ IEEE 802.3af: Estándar también llamado "*Power over Ethernet*".

Actualmente existen en el mercado varios dispositivos de red como *switches* o *hubs* que soportan esta tecnología. Para implementar PoE en una red que no se dispone de dispositivos que la soporten directamente se usa una unidad base (con conectores RJ45 de entrada y de salida) con un adaptador de alimentación para recoger la electricidad y una unidad terminal (también con conectores RJ45) con un cable de alimentación para que el dispositivo final obtenga la energía necesaria para su funcionamiento.

En la figura 2.8 se muestra el aspecto del adaptador.



Figura. 2.8. Adaptador de Corriente sobre la Ethernet [12]

Antena.

Las antenas sectorizadas de polarización vertical SA24-90-9 operan en el rango de frecuencias desde los 2400 a los 2485 MHz. Esta es una antena con capacidades para soportar ambientes hostiles pues están construidos de una firme cubierta de radar UV fabricada con fibra de vidrio para una larga duración de vida en las condiciones más exigentes.

En la figura 2.9. se muestra el tipo de antena usada.

[12] www.es.wikipedia.org/wiki/PoE



Figura. 2.9. Antena SA24-90-9

Características:

- Verticalmente polarizado
- 90 grados con ganancia de 9dBi
- Conector integrado tipo N hembra
- Extremadamente robusto para el larga duración de vida en condiciones extremas
- Resistente a la intemperie

Aplicaciones:

- Aplicaciones sobre ISM en la banda de 2.4 GHz
- Sistema inalámbricos 802.11b y 802.11g
- Sistemas de Punto a Multi-punto
- Antenas de estación base
- Sistemas inalámbricos de banda ancha
- Puntos de acceso Wi-Fi

En la tabla 2.2 se muestra las especificaciones de la antena y sus principales características:

Tabla. 2.2. Especificaciones de la antena SA24-90-9 [13] [14]

Modelo
SURGE
AL-LSXM-MA
iPoly Phaser
SA24-90-9
2,4 GHz, 90 DEG
9dBi
SN: 05190137

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidades
Rango de Frecuencias	2400		2485	MHz
Perdida de retorno de entrada		-14		dB
VSWR		1:05:01		
Impedancia		50		OHM
Potencia de Entrada			100	W
Diámetro de polarización	1" (25)		2" (50)	Pulgadas (mm)
Temperatura de operación	-40		70	°C

Ganancia	9.5 dBi
Ancho de emisión horizontal	90 deg
Ancho de emisión vertical	40 deg
Peso	25oz (0.7kg)
Dimensiones(LxAxH)	(254 x 165 x 63.5mm)

Supresor de picos.

Todos los Puntos de Acceso tienen una protección adicional que se la denomina supresor de picos. Su finalidad es de proteger adicionalmente al equipo ante choques eléctricos como los ocasionados por relámpagos y fenómenos ambientales que pudieran ocurrir al montar equipos en ambientes exteriores.

[13] www.pacwireless.com

[14] www.empretel.com.mx/orinoco/antenas.htm

El supresor de picos Canopy 300SS tiene tres componentes básicos como se muestran en la figura 2.10.

- 1. Orificios de montaje: Estos orificios se pueden utilizar para montar la unidad a una superficie tal como una pared exterior. La distancia entre los centros de los orificios es de 4.25 pulgadas (108 mm).
- 2. Conectores RJ45: Un lado conecta al Equipo producto Canopy, y el otro lado conecta al conector Ethernet del adaptador AC.
- 3. Poste a tierra: En donde se usa alambre de cobre de alto calibre (10 AWG) para la conexión [15].

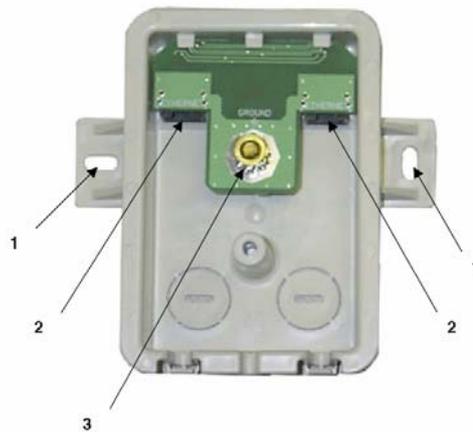


Figura. 2.10. Supresor de Picos

CORE.

Todos los equipos están relacionados con un dispositivo central también llamado CORE, de la marca 3COM y modelo 4050, es la base de toda la estructura de red y se encuentra ubicado en la Unidad de TIC's del Edificio Central de la Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí.

A este, entran y salen los datos provenientes de las demás subredes mediante fibra óptica. El *Switch* 4050 es un *switch* LAN altamente redundante que

[15] www.vip.net.id/macan/300SSManual_E.pdf

ofrece un *switching* Capa 3 de alta disponibilidad, alto rendimiento, seguro, con administración avanzada de la red y soporte *Webcache*.

En la figura 2.11. se muestra el *Switch 4050* físicamente.



Figura. 2.11. Switch 4050

El *Switch 4050* crea una red troncal *core* de alta disponibilidad para la red de cualquier Campus a través de hardware redundante, proveyendo funciones líderes en la industria de la función *Mean Time Between Failures* (tiempo medio entre fallas - MTBF) y de software, incluyendo aquellas funciones basadas en estándares como: Enlaces Redundantes, Agregación de Enlaces (802.3ad) y *Rapid Spanning Tree*.

El *Switch 4050* mejora el rendimiento de la red al soportar enrutamiento IP, que deshace los embotellamientos que se producen por ruteadores más lentos, basados en software. Las capacidades Capa 3 además aumentan la seguridad de la red al permitir que los usuarios estén segmentados en ésta.

El *Switch 4050* implementa funciones de seguridad, tales como listas de control de acceso, para asegurar que los usuarios solamente tengan acceso a las funciones autorizadas. El *Switch 4050* también puede detectar aplicaciones no autorizadas que estén funcionando en la red y filtrarlas para conservar el ancho de banda en ésta.

El *Switch* 4050 tiene el soporte del producto de administración de red de 3Com- el *3Com Network Supervisor* que descubre, mapea, supervisa y emite alertas para facilitar la administración de la red.

Además puede redirigir automáticamente el tráfico de Internet al *3Com SuperStack 3 Webcache*, reduciendo rápidamente la carga del ancho de banda en la red de área extendida (WAN) del Campus. El *Webcache* puede reducir el tráfico de aplicaciones Web e Internet, y los costos relacionados, hasta en un 50% mientras acelera dramáticamente el nivel de respuesta del que gozan los usuarios de la Web. El *SuperStack 3 Webcache*, que se instala en tan sólo unos minutos, puede aportar un alivio casi instantáneo a los embotellamientos de la WAN.

Sus características físicas son las siguientes:

- Puertos: puertos *autosensing* de 10/100/1000 Ethernet; 6 puertos fijos 1000BASE-SX; 6 puertos de GBIC que acomodan 1000BASE-SX, 1000BASE-LX, o 1000 BASE-LH70 GBICs; 1 ranura de extensión.
- Interfaces para medios: RJ-45, MT-RJ [16].

Switch de Borde.

Se denomina *Switch* de Borde a los equipos que interconectan al edificio con el usuario final. También de la marca 3COM y modelo 3COM 4250, estos switches están dentro de la Unidad del TIC's.

3Com SuperStack 3 Switch 4250T switches Ethernet con 50 puertos, combinan la conmutación de Capa 2 a velocidad de cable con una instalación sencilla y una fiabilidad excepcional. Este viene equipado con 48 puertos de cobre

[16] www.3com.com

10/100 *autosensing* mientras que dos puertos de enlace de cobre 10/100/1000 *autosensing* proporcionan conexiones Gigabit Ethernet de *backbone*¹² y servidor. Se pueden unir y mezclar hasta cuatro *switches* 4250 utilizando sus paneles frontales, sin necesidad de ningún hardware o cable adicional [17].

En la figura 2.12. se muestra el *Switch* 3COM 4250 físicamente.



Figura. 2.12. Switch 3COM 4250

2.5 CONECTIVIDAD

La red inalámbrica de la Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- Los puntos de acceso ubicados estratégicamente con el fin de cubrir una necesidad para cada departamento, llegan al *Rack* ubicado en la Unidad de TIC's al *switch* de borde mediante cable UTP (Par Trenzado No Blindado).
- Luego el *Switch* de borde es conectado mediante Fibra Óptica al CORE de la Unidad de TIC's como se muestra en la figura 2.13.

¹² Backbone: Se refiere a las principales conexiones troncales de Internet. Está compuesta de un gran número de routers comerciales, gubernamentales, universitarios y otros de gran capacidad interconectados que llevan los datos entre países, continentes y océanos del mundo.

[17] www.support.3com.com/infodeli/tools/switches/4200/duf1730-0aaa01.pdf

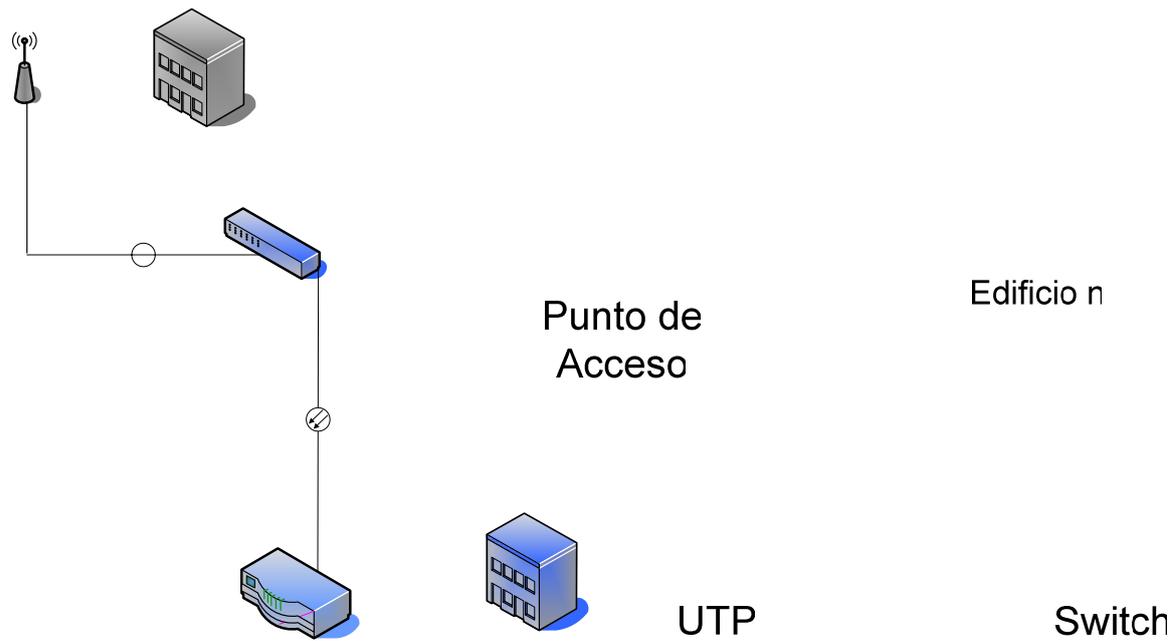


Figura. 2.13. Estructura Básica

Toda esta estructura pertenece a la red de área local virtual VLAN2 independiente. Así, todos los departamentos están cubiertos por uno o más puntos de acceso y conectados hacia el *CORE* del Campus Politécnico.

Fibra
Óptica

Una excepción a la estructura de red está en la Facultad de Ingeniería Electrónica, en donde la configuración de red se encuentra conectada en cascada como se muestra en la figura. 2.14.

Además cabe recalcar que en el edificio de posgrados se encuentran dos puntos de acceso en los cuales el uno está ubicado en el último piso que es de uso interno y el otro en el auditorio de este edificio.

CAPITULO III

ANÁLISIS DEL ESTÁNDAR IEEE 802.11V Y EL PROTOCOLO CAPWAP (CONTROL AND PROVISIONING OF WIRELESS ACCESS POINTS), PARA LA RED INALÁMBRICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

En los últimos siete años las redes *wireless* han desarrollado una serie de productos que han conseguido ser muy populares y flexibles. La tecnología wireless ha incursionado en la mayoría de computadores personales *laptops*, *PDA's*, *tablet PC's*, algunos teléfonos inteligentes y ha incrementado un rango de consumidores electrónicos en todo el mundo.

Como muchas de otras tecnologías, la interoperabilidad entre equipos desarrollados por diferentes proveedores, están basadas en una aplicación de un estándar en común. La revolución de LAN inalámbricas ha sido manejada por el estándar IEEE 802.11b que fue ratificada en 1999, pero el constante crecimiento de los equipos y tecnología, ha acarreado nuevos requerimientos, por ejemplo, un considerable ancho de banda en redes inalámbricas caseras para aplicaciones multimedia.

Estas pequeñas exigencias lograrán dar un mejor desempeño en las redes inalámbricas, variando la actual 802.11. Conforme aumenta el número de usuarios y dispositivos conectados a redes inalámbricas, estos últimos necesitan estar al

tanto de los factores del entorno que son críticos para la administración del funcionamiento.

Esto incluye el número de puntos de acceso que están disponibles, la carga del canal, la potencia de la señal y la interferencia proveniente de otros dispositivos. Los dispositivos inalámbricos deben adaptarse a un entorno que cambia constantemente a fin de mantener un funcionamiento óptimo.

Los algoritmos flexibles de WLAN deben permitir que un dispositivo inalámbrico se adapte inteligentemente a un entorno dinámico. Las investigaciones iniciales ya demuestran mejoras prometedoras en el funcionamiento dentro de una variedad de complejos entornos inalámbricos [18].

Para comenzar con el análisis del estándar 802.11v y el protocolo CAPWAP es necesario tomar en consideración un estándar que actualmente tiene acogida y esta siendo ratificado.

IEEE 802.11k es un estándar emergente que implanta algún tipo de inteligencia básica en los equipos WLAN. Este define una extensión de la 802.11 actual para la PRM (medición de recursos de radio). La medición de los recursos de radio esta planteada con el fin de mejorar la observación del punto de acceso, el buen funcionamiento del cliente y los datos del entorno para facilitar la administración y correcto funcionamiento de los equipos inalámbricos.

Actualmente los clientes con dispositivos inalámbricos, intentan conectarse con puntos de acceso que tengan una señal significativamente buena y fuerte, piensan, si este AP esta altamente congestionado puede que sea más eficiente que uno que no lo este, entonces, usan un AP con una señal de estructura débil.

802.11k permitirá algoritmos que serán desarrollados para esta clase de determinaciones debido a la información adicional completada y compartida.

Los datos de medición del estándar 802.11k se transfieren a los controladores de la capa superior para mayor análisis. Estos datos del entorno pueden ser analizados por el dispositivo inalámbrico a fin de estimar la calidad de la señal, la carga del canal y otras condiciones antes de unirse al entorno inalámbrico o mientras realiza la itinerancia²² de un entorno a otro. [18]

Así, el propósito del estándar es proveer retroalimentación a los AP y Switches de una WLAN.

A continuación algunos de los propósitos que 802.11k define:

- Fallos de *Roaming*
- Conocimiento de canales RF
- Nodos ocultos
- Estadísticas de los clientes
- Control de transmisión de potencia(TCP)

Para mejorar los fallos de *roaming*²³, los puntos de acceso o en su defecto los Switches WLAN, deben identificar la posición de los clientes mediante un “reporte de sitio”. Así, este estándar define peticiones guías, en el cual, un punto de acceso consulta a un cliente wireless si desea una transferencia hacia un canal específico y reporta hacia los demás puntos de acceso sobre la transferencia.

Los Puntos de Acceso compilan los datos y estos, o en su defecto, los switches WLAN analizarán la información guía, observando todos los detalles tales como, que tipos de servicio y encriptación cada punto de acceso soporta y que tan fuerte el cliente wireless tiene al señal desde el AP. Entonces el switch o punto de

²² Itinerancia: Roaming, concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra. Es una palabra de procedencia inglesa que significa *vagar* o *rondar*.

²³ Roaming: concepto utilizado en comunicaciones inalámbricas que está relacionado con la capacidad de un dispositivo para moverse de una zona de cobertura a otra. Es una palabra de procedencia inglesa que significa *vagar* o *rondar*.

[18] www.intel.com/espanol/technology/magazine/archive/2004/mar/wi02043.pdf

acceso genera una lista ordenada de puntos de acceso desde el mejor al peor servicio, llamado reporte de sitio.

Adicionalmente este estándar dará soporte a otras adaptaciones operacionales diseñadas para entregar una mejor red funcional. Se espera que este estándar sea ratificado a finales del presente año. [19][20]

Otra de las consideraciones importantes es el estudio de la IEEE802.11 v y el protocolo IETF CAPWAP. El propósito de ambos estándares, para la administración de redes inalámbricas IEEE 802.11v & IETF CAPWAP, es proveer mecanismos importantes y eficientes con el fin de simplificar la administración y el desenvolvimiento de la estructura de red.

Estos estándares definen procedimientos para los cuales la infraestructura de red inalámbrica puede controlar los parámetros de los clientes con adaptadores inalámbricos, tales como identificar a cual red y/o punto de acceso está conectado.

El trabajo de la IEEE empezó sobre el estándar a inicios del 2006 y espera finalizarlo a inicios del 2008. Es probable que las primeras implementaciones de la IEEE 802.11v pueda ser adoptadas en el presente año.

La mayoría de las implementaciones serán realizadas mediante software para los nuevos productos y actualizaciones, con el fin de cambiar las WLAN existentes. Así, para que el estándar sea efectivo, clientes (adaptadores y tarjetas WLAN) e infraestructura (puntos de acceso y switches WLAN) necesitan soporte. El control de clientes inalámbricos, selección de red, optimización y recuperación estadística

[19] www.networkworld.com/news/tech/2004/0329techupdate.html

[20] www.becta.org.uk/technews

además de monitoreo son entre las habilidades potenciales propuestas por 802.11v.

Por otro lado CAPWAP(*Control and Provisioning of Wireless Access Point*) es una iniciativa de la IETF para definir un patrón basado en estándares de la IEEE específicamente 802.11 para los Puntos de Acceso Wi-Fi que intercambian información acerca del control, administración y disposición y que se base en el protocolo LWAPP (*Lightweight Access Point Protocol*) de Cisco.

Este intento de facilitar el control, administración y la disposición de los WTPs (*WLAN Termination Points*) se logra especificando los servicios, funciones y recursos relacionados para los WTPs de la 802.11 con el fin de lograr interoperabilidad de los WTPs y ACs (Access Controller). [21]

El control de clientes inalámbricos envuelve varios aspectos. La distribución de clientes inalámbricos con la finalidad de balancear de cargas entre los puntos de acceso.

Hoy en día es un logro prevenir a los clientes que se conecten a puntos de acceso saturados o que terminen sus sesiones si fuera el caso de encontrar estos puntos de acceso. Pero esta acción puede molestar a los clientes y sus sesiones.

802.11v o en su defecto CAPWAP logrará que el balanceo de cargas sea transparente para los usuarios ayudándolos a conectarse a los puntos de acceso con un ancho de banda disponible y considerable.

[21] <http://www.ietf.org/ietf/1wg-charters.txt>

Con 802.11, un cliente inalámbrico se adiciona a una red identificándose por su SSID (*Service Set Identifier*). Así que no existe mecanismos los cuales puedan decir al cliente automáticamente a que red el debería conectarse sin necesidad de configuración manual.

Pero con 802.11v y CAPWAP estos problemas se acabarán habilitando conexiones seguras, adicionando significativamente rapidez en redes de larga escalabilidad. Este esquema ahorrará tiempo de vida en lo que respecta a las baterías de los dispositivos y ahorro de potencia en los equipos, tales como voz sobre teléfonos WLAN que también son considerados en el estándar.

Además, hoy en día 802.11 define poca información con respecto a lo administrativo MIB (*Management Information Bases*) para controlar y disponer de una variedad de datos que el cliente requiere tales como la tasa a la cual se está operando y esquemas de administración de potencia.

802.11 no provee control funcional MIB en el espacio aéreo de la infraestructura de red inalámbrica, mas 802.11v y CAPWAP ayudará a tener mecanismos de control MIB sobre los clientes y simplificar la configuración de los equipos móviles. [22][23][24]

3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Las redes inalámbricas de la norma 802.11* se hacen cada vez más populares y comienzan a implantarse casi en todas partes: desde la oficina y el hogar hasta los puntos de acceso públicos en cafés y restaurantes. Las redes de

[22] www.networkworld.com/news/tech/2005/103105techupdate.html

[23] www.ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4118.pdf

[24] www.faqs.org/ftp/rfc/pdf/rfc3990.txt.pdf

área local (LAN) inalámbricas, o WLAN, de la norma 802.11 operan en el espectro de radiofrecuencia sin licencia, lo que las hace que se implanten rápidamente y a un costo razonable.

Las empresas y los consumidores disfrutan de libertad y economía conforme un variado grupo de dispositivos se prepara para Wi-Fi*. Por ejemplo, las plataformas móviles con Intel® Centrino® incluyen un soporte integrado para la tecnología de inalámbricos de la norma 802.11. Las WLAN ofrecen varias ventajas en comparación con las redes tradicionales con cables:

- Los usuarios ya no están inmovilizados por los cables a un escritorio o pared. En vez de eso, pueden llevar su trabajo de un entorno a otro, por ejemplo, de un escritorio a un laboratorio o a una reunión, todo sin tener que desconectarse y volverse a conectar en cada cambio.
- Algunos estudios han demostrado que los usuarios de WLAN gozan de varios beneficios, que incluyen un incremento de la productividad, un ahorro de tiempo y la flexibilidad de poder acceder a redes casi en cualquier parte.
- También hay ventajas respecto al costo de la implantación de nuevas WLAN en comparación con las redes tradicionales con cables.

Diariamente, hay más usuarios y por lo tanto más dispositivos operando en el mismo espectro sin licencia, lo que produce más interferencia y ruido en un entorno dado de red. Las redes inalámbricas se están haciendo tan populares y se están implantando de forma tan generalizada que la demanda de los usuarios ha creado una cantidad de retos nuevos y complejos.

La itinerancia aún no es rápida ni imperceptible entre los puntos de acceso y no hay formas efectivas de controlar la carga. Otro problema es que la repartición del ancho de banda no es equitativa: las soluciones de repartición actuales no se

adaptan bien a los estados con vínculos agrupados. Finalmente, las WLAN no necesariamente funcionan bien con las redes celulares que usan otros métodos para administrar los recursos de radio. [18]

Dentro de las características principales de 802.11 v o en su defecto CAPWAP tenemos:

- Aligeran las cargas balanceándolas.

El objetivo primordial de estos estándares es facilitar el intercambio de clientes con dispositivos inalámbricos entre varios puntos de acceso y como consecuencia balancear las cargas. Esto se logra teniendo una red WLAN inteligente desde cierto punto de vista, con *switches wireless* con ésta capacidad.

- Minimizan el tráfico de una red.

Es una consecuencia del balanceo de cargas. Hoy en día es muy común encontrar redes inalámbricas altamente congestionadas con un tráfico de red excesivo y con un sin número de clientes conectados a un solo punto de acceso. Este problema se radicará o por lo menos se minimizará con cualquiera de los dos protocolos en su defecto el que más sea utilizado a corto plazo.

- Ahorran potencia en los equipos así como tiempo de vida de las baterías.

Como consecuencia de balancear las cargas, el ahorro de potencia será de vital importancia para los equipos, de tal manera que las empresas proveedoras de dichos equipos darán prioridad a esta ayuda, que se logrará con el estándar de administración y monitoreo de WLAN. Este esquema ahorrará tiempo de vida en lo que respecta a las baterías de los dispositivos y ahorro de potencia en los equipos, tales como voz sobre teléfonos WLAN que también son considerados en el estándar.

- Balancear de cargas transparentemente al usuario.

Hoy en día es un logro prevenir a los clientes que se conecten a puntos de acceso saturados o que terminen sus sesiones si fuera el caso de encontrar estos puntos de acceso. Pero esta acción puede molestar a los clientes y sus sesiones. 802.11 v o en su defecto CAPWAP logrará que el balanceo de cargas sea transparente a los usuario ayudándolos a conectarse a los puntos de acceso con un ancho de banda disponible y considerable.

Además estos estándares serán un impulso para las empresas con redes inalámbricas, porque este mejorará el control de la red y realzará la administración de esta. Así, podrá reducir considerablemente tiempo de manejo, costo de despliegue y mantenimiento total de red.

A continuación se detalla como trabajan estos dos estándares complementarios entre si y sus características principales.

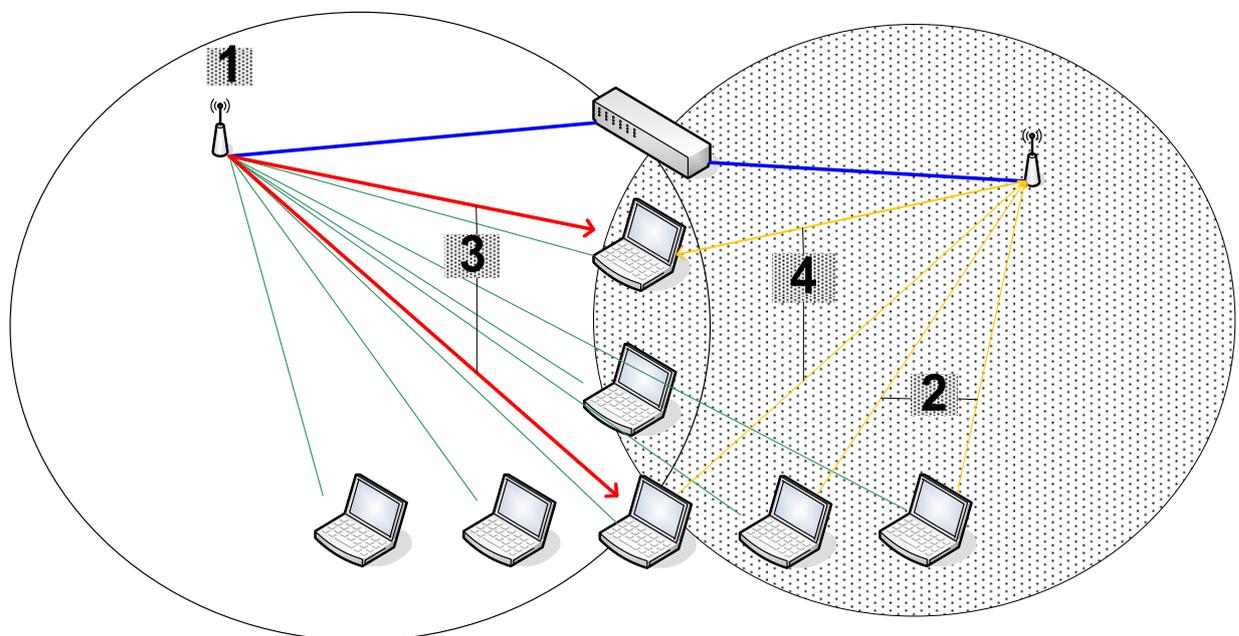


Figura. 3.1. Trabajo de 802.11v y CAPWAP

Como primer paso los usuarios de la WLAN de la Escuela Politécnica del Ejército con tarjetas inalámbricas conectadas a su computador portátil acceden al punto de acceso 1 por ejemplo ubicado en el bar de la ESPE.

Estos usuarios reconocidos por el AP1 son el cliente 1 y el cliente 2, los clientes 6 y 7 son reconocidos y accesados al punto de acceso 2 ubicado por ejemplo en el Edificio Central y los clientes 3, 4 y 5 están equidistantes entre los dos puntos de acceso.

Luego como los clientes 6 y 7 reciben una mejor señal del punto de acceso 2, conmutan a esta BSS, pero ahora resulta un numero desproporcionado de clientes entre los dos AP. El AP 1 tiene cinco clientes y el AP 2 apenas dos terminales móviles. Sin embargo el switch inalámbrico reconoce que cargas eventualmente deben ser balanceadas si es que se mueve los clientes 4 y 5 al punto de acceso 2.

Entonces el punto de acceso 1 envía una señal a los clientes 4 y 5 avisando una transferencia hacia el punto de acceso 2 con el fin de aligerar la carga en este AP.

Finalmente los terminales móviles 4 y 5 son trasladados hacia el AP 2 rápidamente. Entonces las cargas están balanceadas ahora. [22]

Selección del mejor punto de acceso.

Intel en su afán de mejorar y administrar redes inalámbricas a creado varios algoritmos: “el primero de los nuevos algoritmos ayuda a identificar y seleccionar el

¹⁵ SNR: La relación señal/ruido (en inglés Signal to noise ratio SNR o S/N) se define como el margen que hay entre el nivel de referencia (información significativa) y el ruido de fondo de un determinado sistema. Este margen es medido en decibelios.

¹⁶ DCF: Función de Coordinación Distribuida se define como la funcionalidad que determina, dentro de un conjunto básico de servicios (BSS), cuando una estación puede transmitir y/o recibir unidades de datos de protocolo a nivel MAC a través del medio inalámbrico.

[22] www.networkworld.com/news/tech/2005/103105techupdate.html

mejor punto de acceso disponible para un dispositivo inalámbrico. Con este algoritmo, un dispositivo reúne información sobre la proporción señal-ruido (SNR)¹⁵, la carga del canal y de tránsito del punto de acceso y sobre la WLAN en general”.

En una red de infraestructura inalámbrica, cada dispositivo móvil está asociado a un punto de acceso dentro de un BSS. Los dispositivos móviles reciben periódicamente tramas de guía que provienen de varios puntos de acceso. Con base en la potencia de la señal que recibe, una estación móvil puede seleccionar un punto de acceso al cual conectarse. Sin embargo, la elección de la señal más fuerte que se recibe no garantiza que la estación móvil tendrá el mejor funcionamiento general en el BSS seleccionado. La razón es que en las LAN inalámbricas implantadas actualmente, la función de coordinación distribuida (DCF)¹⁶ se usa como el mecanismo para acceder al medio.

“Se ha demostrado que el buen funcionamiento de este mecanismo depende en gran parte de la fracción del canal ocupado y el número de usuarios que compiten. El correcto funcionamiento general de cada usuario disminuye cuando aumenta el número de usuarios que compiten por el canal, lo que resulta en un peor funcionamiento. Por lo tanto, cuando una estación selecciona el punto de acceso basándose únicamente en la calidad de la señal que recibe y descarta un punto de acceso con menos carga, está contribuyendo a disminuir el buen uso de la red.” [18]

“El algoritmo de selección del mejor punto de acceso de Intel caracteriza la condición del canal y estima el buen funcionamiento general basándose en la proporción señal-ruido y en la carga de tránsito. Teniendo como base el buen funcionamiento general estimado para cada uno de los puntos de acceso disponibles, el dispositivo móvil selecciona el mejor punto de acceso para asociarse a él”. [18]

Al analizar más de un factor, el dispositivo inalámbrico puede elegir el punto de acceso que ofrece el mejor funcionamiento general, no sólo el que tiene la señal más fuerte. Esto ayuda a distribuir la carga de usuarios entre varios puntos de acceso y mejora el funcionamiento de toda la red. [18]

MAC flexible.

Intel también está investigando un algoritmo de MAC¹⁷ adaptable. “Este enfoque también analiza las características del entorno inalámbrico y hará posible que un dispositivo inalámbrico ajuste de forma dinámica varios parámetros MAC conforme el entorno cambie. Al igual que el algoritmo de selección del mejor punto de acceso, el algoritmo de MAC adaptable trata de calcular la configuración óptima en base a los datos del entorno”. Se observa:

- La velocidad de transmisión, que está determinada por la frecuencia de errores de bit (BER) deseada para una determinada proporción señal-ruido. Cada velocidad de transmisión usa una técnica distinta de modulación, de manera que es crucial elegir la velocidad de transmisión correcta para mantener el BER deseado.
- El umbral de fragmentación, que determina el tamaño de las tramas de MAC (que constituyen cada paquete) que se transmiten por aire. Si el valor del umbral es demasiado pequeño, la carga indirecta proveniente de los encabezados de MAC y PHY reducirá el funcionamiento general del cliente. Cuando el valor del umbral es demasiado grande, las tramas de MAC son vulnerables a la interferencia.

¹⁷MAC: Media Access Control, Control de Acceso al Medio

[18] www.intel.com/espanol/technology/magazine/archive/2004/mar/wi02043.pdf

- El umbral RTS (listo para enviar), que determina cuándo se llevará a cabo un intercambio RTS-CTS¹⁸ antes de que se transmita una trama de MAC. Las tramas RTS-CTS se intercambian a fin de "reservar" el medio antes de que se transmitan las tramas de datos. Esto garantiza que el dispositivo inalámbrico tenga un entorno libre de colisiones.

Por ejemplo, una casa u oficina tendrá más de un dispositivo operando en el mismo espectro sin licencia. Habrá también una cantidad de dispositivos inalámbricos que comparten el mismo punto de acceso. En esos casos, los dispositivos inalámbricos disminuirán sus velocidades de transmisión debido al aumento en la interferencia relativa a la potencia de la señal del punto de acceso compartido.

Con los algoritmos flexibles, cuando la velocidad de datos disminuya, el umbral de RTS también se ajustará. Esto disminuye la probabilidad de que ocurran colisiones de paquetes entre el alto número de paquetes que se están enviando. El umbral de fragmentación también se cambiará para seleccionar el mejor tamaño para los paquetes nuevos. El reto radica en determinar la mejor configuración de varios parámetros que se relacionan entre sí. Los cambios en un parámetro (como es la velocidad de transmisión) afectan al valor óptimo de otros parámetros, como el umbral de "listo para enviar".

El ajuste de un solo parámetro a menudo no es la mejor manera de que un dispositivo inalámbrico reaccione a un entorno complejo y que cambia constantemente. Básicamente, el algoritmo de MAC flexible trata de elegir un conjunto de parámetros que mejorarán el funcionamiento general del dispositivo inalámbrico. [18]

¹⁸ RTS-CTS: Request to Send-Clear to Send

[18] www.intel.com/espanol/technology/magazine/archive/2004/mar/wi02043.pdf

3.3 APLICACIONES

Las redes inalámbricas están de moda y los cables no. Pero no solo los propietarios de equipos portátiles con capacidades WLAN prefieren no usar cables. Muchos hogares necesitan conectar más de un computador a la red, y aparatos electrónicos como equipos de música o vídeos cada vez disponen de más conectividad LAN. La conectividad inalámbrica es preferible al menos que queramos tirar cables por toda nuestra casa.

En la Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí esta conectividad ha sido uno de los principales avances tecnológicos ayudando en gran medida a las necesidades de los estudiantes como del personal administrativo y militar.

Esta tendencia se refleja en el tremendo incremento en ventas que han sufrido las comercializaciones de equipos de red inalámbricos. El negocio está en auge para los fabricantes de chips y componentes WLAN. Solo en Europa se espera que el beneficio alcance la mágica cifra del billón de dólares en 2007.

Esta tendencia también es buena para los consumidores, debido a que el incremento de cantidades significa una rápida caída en los precios de equipos WLAN.

Dada la flexibilidad de las redes LAN inalámbricas, porque pueden ser configuradas en cualquier momento y lugar, estas redes pueden ser muy útiles para aplicaciones comerciales y militares. Como la mayoría de implementaciones técnicas y electrónicas estas redes nacieron de una necesidad militar, la de interconectar las diferentes unidades tácticas desplegadas en zonas de conflicto sin requerir la presencia de una red fija.

Fuera del dominio militar estas redes pueden ser configuradas para nuevas comunicaciones comerciales y personales incluyendo PANs (*Personal Area Networks*), redes domésticas, operaciones de búsqueda y rescate, aplicaciones comerciales y relacionadas con la educación, redes de sensores, etc.

En la Tabla 3.1 se observa una clasificación de las aplicaciones presentes y futuras.

Tabla. 3.1. Aplicaciones presentes y futuras

APLICACIONES	SERVICIOS
<i>Redes Tácticas</i>	Comunicaciones y operaciones militares. Campos de batalla automatizados.
<i>Entornos Comerciales</i>	E-Commerce, por ejemplo pago electrónico desde cualquier sitio (ej. en un automóvil) <i>Negocio: acceso dinámico a los ficheros guardados en una localización central, proveer bases de datos consistentes a los agentes y oficinas móviles.</i> <i>Servicios para vehículos: transmisión de noticias, condiciones de la carretera, tiempo, música.</i>
<i>Servicios de Emergencia</i>	Operaciones de búsqueda y rescate Transmisión de datos de pacientes (historial, status, diagnostico) desde/a el hospital Emplazamiento de una infraestructura fija en caso de huracanes, terremotos, fuego, etc.
<i>Red Doméstica y Empresarial</i>	Red doméstica/empresarial inalámbrica (WLAN); ejemplo: aplicación de compartir pizarra, usar la PDA para imprimir desde cualquier lugar, feria de muestras Redes de área personal (PANs)
<i>Aplicaciones educativas</i>	Clases virtuales o salas de conferencia Comunicaciones Ad Hoc durante conferencias y reuniones

<i>Entretenimiento</i>	Juegos con multiusuarios Animales domésticos robóticos Acceso a Internet en exteriores
<i>Servicios de localización</i>	Devolución de llamadas automático, transmisión del <i>workspace</i> a la localización actual. Servicios de información

En la Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí, la aplicación primordial será la educativa, el uso de Internet, la posibilidad de clases virtuales y salas de conferencia será una de las principales ventajas que requerirá el uso de las normas tales como la IEEE 802.11v y el protocolo CAPWAP.

La posibilidad de acceder a una red des congestionada será de gran ayuda para el estudiante y personal administrativo.

Tomemos como ejemplo la situación que se da cuando la MED del Campus Sangolquí se encuentra en exámenes o en entrega de guías. Existe un sin número de clientes con laptop's que requieren el uso de Internet. Entonces se produce un desbalanceo de carga entre puntos de acceso adyacentes al edificio de la MED.

Con el fin de optimizar el tráfico de red se requerirá el uso de uno de los protocolos con el fin de que traslapen algunos dispositivos inalámbricos a otros puntos de acceso menos congestionados.

Las aplicaciones son diversas y se espera que en un futuro se extienda hacia una interconectividad entre todas las redes de infraestructura *wireless* e infraestructura cableada, con el fin de obtener una red muy sofisticada. [25]

3.4 ARQUITECTURA

La arquitectura de los sistemas WLAN buscan coordinar varios aspectos tales como la distribución física de los AP's así como la administración lógica de los servicios. En este esfuerzo se ha logrado políticas de seguridad, que han sido incrementadas a través de los años. La movilidad y la calidad de servicio son prioridades en ambos protocolos.

Se debe tener conocimiento además de un protocolo anterior a CAPWAP que se denomina LWAPP del cual Cisco es su propietario. LWAPP (*Light Weight Access Point Protocol*)

CAPWAP busca definir una arquitectura WLAN que normalice el comportamiento en tiempo real de la 802.11 con respecto a los Puntos de Acceso, además de normalizar y consolidar un estándar común para la administración y monitoreo de una wireless LAN.

Provee autenticación y mecanismos de innovación para suministrar a los AP's mediante los AC, negocia una vía segura entre las dos entidades para el tráfico CAPWAP y posiblemente tráfico de datos a los clientes. Facilita al AC-central una coordinación del control y monitoreo de red e Identificar una baja latencia en mecanismos AC fallidos. [35]

Para diseñar una arquitectura de red Wireless se debe tomar a consideración los siguientes planteamientos.

[35] www3.ietf.org/proceedings/03nov/slides/capwap-1/capwap-1.ppt

Después de que un plan preliminar ha sido trazado y se ha completado un Site Survey, se debe hacer un reporte final del diseño de la red. Esta información debe incluir:

- Una descripción acerca de la interconexión de los componentes inalámbricos y cableados existentes en la red.
- Identificar las áreas de cobertura de radio además de las características del canal y frecuencias de radio cercanas a la instalación.
- Identificación de las conexiones físicas requeridas para los equipos incluyendo ubicación, alimentación y requerimientos de red cableada.
- Perfilar el plan del proyecto a desplegar incluyendo timeframes.
- Incluir características administrativas y de direccionamiento de red así como documentación necesaria confidencial.
- Identificar requerimientos de mantenimiento incluyendo actualizaciones de software, respaldos en la configuración.
- Identificación de los requerimientos de software para los clientes así como el tiempo que tomará en actualizar a sus dispositivos móviles.[36]

[36] www.3com.com

3.5 SEGURIDADES

El desafío en las seguridades de la redes inalámbricas es proteger a la red de cualquier intruso que se encuentre dentro de un rango de 100 metros, para lo cual ésta debe ser capaz de asegurar la conexión con la red de trabajo correcta y que las acreditaciones de los usuarios puedan intercambiarse con seguridad.

Así, los datos deben poder transmitirse con seguridad a través de la utilización apropiada de llaves de encriptación.

En la figura 3.2 se muestra un ataque potencial en una red inalámbrica en donde el intruso puede acceder al servidor sin dificultades.

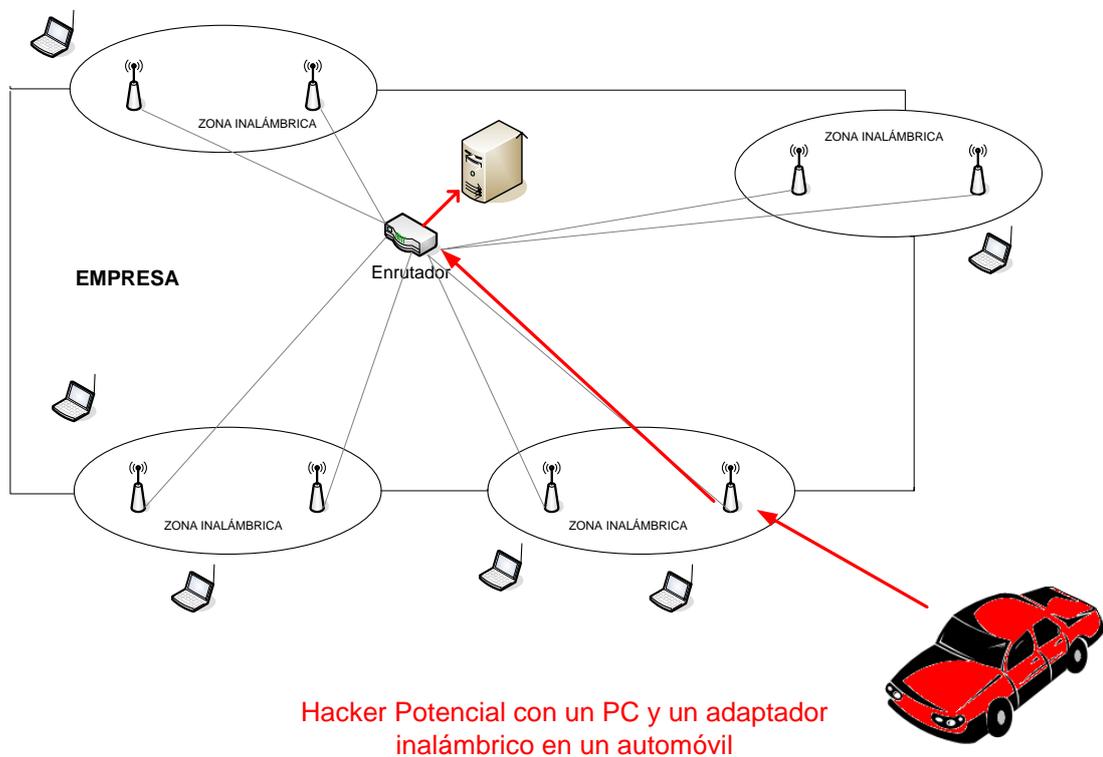


Figura. 3.2. Ataque Potencial en una Red Inalámbrica

Dentro de los peligros que puede acarrear este tipo de intromisión están:

- Denegación de servicios (DoS)

Un agresor determinado puede activar un ataque de DoS de diversas maneras. Por ejemplo, la interrupción de las señales de radio se puede activar mediante algo tan simple como un microondas. Existen ataques más complejos cuyo objetivo son los protocolos inalámbricos de bajo nivel, y otros menos complejos cuyo objetivo son las redes mediante un gran incremento del tráfico aleatorio en la WLAN.

- Daño o robo de equipos

La interceptación de transmisiones de la red puede dar lugar a la revelación de datos confidenciales y de credenciales de usuario sin protección como horarios de entrada salida de los encargados de la red.

- Accesos no autorizados y robo de información.

La interceptación de transmisiones de la red puede dar lugar a la revelación de datos confidenciales y de credenciales de usuario sin protección, además de a una posible usurpación de la identidad. Permite también que intrusos expertos recopilen información sobre los entornos de TI y la utilicen para atacar otros sistemas o datos que, de otra forma, no serían vulnerables.

- Uso de Internet e inserción de códigos dañinos

Es posible que los intrusos sólo deseen utilizar su red como punto de libre acceso a Internet. Si bien esto no es tan grave como las demás amenazas, hará que, como mínimo, no sólo empeore el nivel de servicio prestado a los usuarios autorizados sino también que puedan introducirse virus y otras amenazas.

- Phishing

El fin es conseguir información de clientes como números de tarjetas de crédito, password.

En la actualidad se tiene una mayor conciencia de la necesidad de proteger la información. Las empresas demandan niveles de seguridad mucho mayores para sus sistemas y desconfían de cualquier tecnología que conlleve vulnerabilidades de la seguridad [26].

Por tal motivo lo que se busca es proteger la información con confidencialidad, integridad, autenticidad y disponibilidad.

- Autenticación. En donde el objetivo es proveer un servicio de seguridad verificando la identidad de los clientes inalámbricos. Proveer un control de acceso a la red denegando el acceso a clientes que no puedan ser autenticados apropiadamente teniendo como una afirmación “Solo las personas autorizadas tendrán acceso a la red”.
- Confidencialidad o privacidad. Con el fin de prevenir ataques y acceso a información privada tomando la afirmación “Solo personal autorizado tiene acceso a estos datos”.
- Integridad. El fin es asegurar que los mensajes no sean modificados al transmitirse entre los clientes inalámbricos y los puntos de acceso con la pregunta “El dato entrante a una red confiable – ¿ha sido forzado?”.

Para facilitar las seguridades inalámbricas la IEEE ha ratificado la 802.11i basados en un estándar multifabricante, implementando una encriptación mucho mayor y fuerte, además de una autenticación que permita un *roaming* rápido entre puntos de acceso.

Este estándar abarca los protocolos 802.11X, TKIP (Protocolo de llaves integras -Seguras -Temporales) y AES (Estándar de Cifrado Avanzado) que es un mecanismo de encriptación simétrica de 128 bits.

Como se ha mencionado antes, el protocolo WEP hace dos años y mejorado con WPA, ha logrado avances significativos en lo que ha seguridad y encriptación se refiere.

WEP está basado en RC4 con llaves estáticas y un Vector de Inicialización (IV) modificado para cada paquete transmitido. WEP demostró fallos mayores en la implementación de IV que permitieron a los piratas obtener el suficiente número de paquetes de información necesarios para reconstruir las llaves. De hecho, hay herramientas de análisis que se ocupan de esta tarea automáticamente.

Por tal motivo 802.11i posee un mejoramiento del algoritmo WEP. Pero además cabe recalcar que en este esfuerzo de mejorar la seguridad, existen varios algoritmos como el DES y 3DES. Para aclarar los protocolos de seguridad la figura 3.3 muestra el avance de estos.

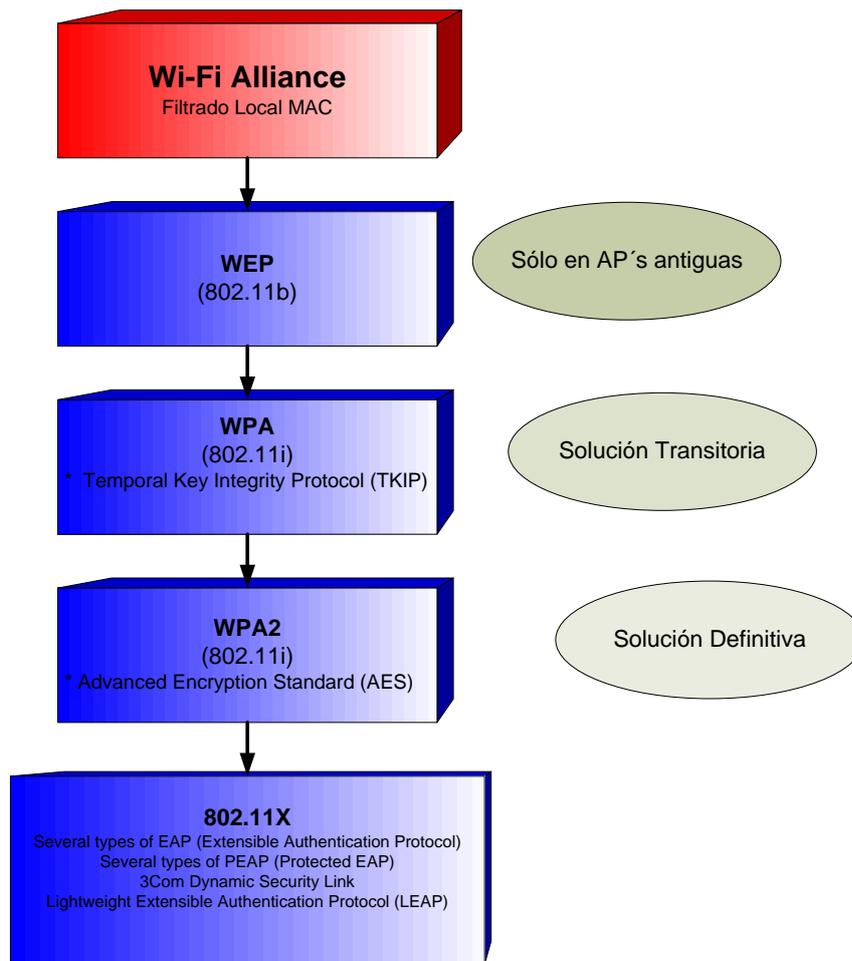


Figura. 3.3. Protocolos de Seguridad Wi-Fi

Por otro lado, el Protocolo de seguridad CAPWAP debe soportar autenticación mutua de WTPs¹⁹ y del control centralizado. Además también debe asegurar en intercambio de información entre estos. Este objetivo debe lograrse a través de un intercambio de criptografía definir protecciones a los contenidos del protocolo de control.

Para esto se debe tener un servidor de seguridad el cual proteja a la red de los intrusos potenciales. En la figura 3.4. se muestra la arquitectura de red una red Wi-Fi protegida.

¹⁹Wireless Termination Point (WTP): Física o entidad de red que contiene un antena RF y 802.11 PHY para transmitir y recibir estaciones de tráfico para los accesos de redes IEEE 802.11 WLAN

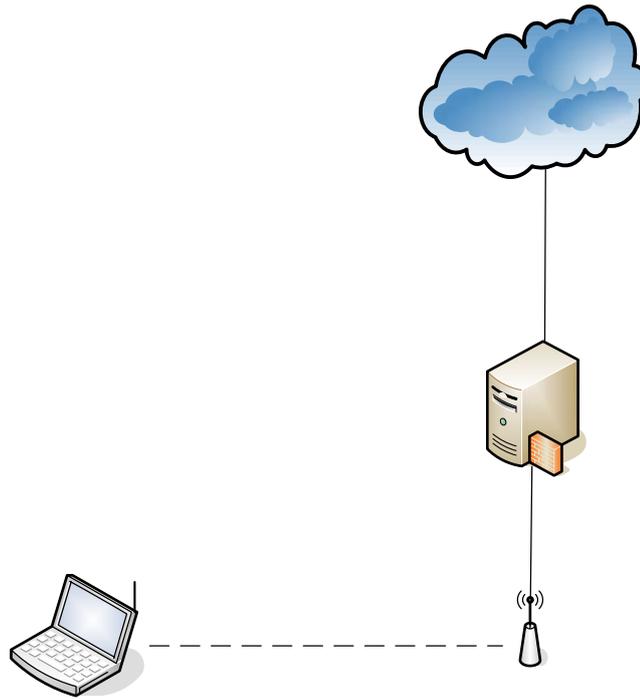


Figura. 3.4. Arquitectura de una red Wi-Fi protegida

3.6 ANÁLISIS COMPARATIVO

A pesar de que ambos estándares son similares entre sí por ser CAPWAP una recopilación de la IEEE 802.11v se encuentran varias diferencias significativas que se muestran a continuación.

La principal es el instituto al cual pertenecen, IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) ha denominado a la administración de redes inalámbricas LAN como IEEE 802.11v. Por otro lado la IETF (*Internet Engineering Task Force*) ha denotado su trabajo como CAPWAP (*Control and Provisioning of Wireless Access Point*). Si bien es una denominación distinta el fin es el mismo, administrar, controlar y mejorar la estructura WLAN.

Cliente Inalámbrico

802.11 v es un estándar parche, lo que quiere decir que intenta avanzar a medida que los usuarios tengan nuevos requerimientos y exigencias. Por tal motivo es una desventaja en tiempo de respuesta para la solución de problemas y exigencias.

Además, está el hecho de que está basado en un estándar en el cual las empresas de comercialización y desarrollo de esta tecnología representan una influencia al manejo de dicho estándar e interfieren en su desenvolvimiento.

Un estándar debe ser una norma en la cual todos los equipos operen más no un equipo en el cual todos los estándares se adapten.

Por otro lado el protocolo CAPWAP si bien está basado en el estándar 802.11v tiene una ventaja significativa que es que opera de manera independiente y sin presiones de ningún tipo, solo un ejemplo es la cantidad de información que se puede recopilar alrededor de este protocolo, que siendo relativamente nuevo está mas avanzado que el estándar de la IEEE.

Asimismo, este protocolo tiene un antecedente denominado LWAPP (*Light Weight Access Point Protocol*) que hace que tenga una base en la cual trabajar.

CAPITULO IV

OPTIMIZACIÓN DE LA RED WIRELESS LAN DE LA ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO BASADO EN LA NORMA IEEE 802.11V Y EL PROTOCOLO CAPWAP

4.1 PLANIFICACIÓN DEL SISTEMA

Para iniciar el diseño se debe considerar los radios de celda detallados en el Capítulo II. Estos datos se utilizarán para determinar las posibles actualizaciones de los equipos y posibles ubicaciones de nuevos equipos, igualmente para estar en capacidad de realizar las predicciones de cobertura iniciales y los niveles de señal que se logrará con esta optimización.

Así, se puede determinar un sistema que, planificado correctamente, tendrá un avance tecnológico en la red y los usuarios poseerán una mejor cobertura y sobretodo una mejor calidad de señal, evitando congestionamientos de red, basados consecuentemente en las nuevas normativas y estándares a aplicarse.

A continuación en la tabla 4.1 se presentan las características principales:

Tabla. 4.1. Características generales de los AP [11]

Modelo
Tranzeo Wireless Technologies Inc.
TR-6000
SN: TR60A01308
11 Mbps Wireless LAN Access Point

Características		
<i>Estándar</i>		802.11b
<i>Rango de Frecuencia</i>		2401MHz a 2483,5MHz
<i>Modo de Operación</i>		Punto de Acceso/Punto a Punto/CPE(Customer Permise Equipment)
<i>Tasa de transmisión & Modulación</i>		11 Mbps & 5.5 Mbps CCK, 2 Mbps DQPSK, 1 Mbps DBPSK
<i>Método de Comunicación</i>		Semi Duplex.
<i>Potencia de Transmisión</i>		+23dBm máx.
<i>Dolarización</i>		Horizontal o Vertical
Administración		
<i>Configuración Remota</i>		Basado en IP Address
<i>Administración del dispositivo</i>		Windows Utility, Web-Based Management
<i>Protocolo Soportado</i>		TCP/IP
<i>Seguridad</i>		40 Bits y 128 bits Encriptación WEP, filtrado MAC, WPA
<i>Conector de Ethernet</i>		10/100 base T(RJ-45)
<i>Temperatura de Operación</i>		-65°C a +70°C
Fuente de Poder		
<i>Estándar</i>		AC wall Plug Entrada: 120V 60 Hz Salida: 18V, 1000mA

Con la ayuda de planos digitalizados del campus y herramientas especializadas para redes WLAN (Software) se pueden realizar estudios basándose en un *site survey* y visualizar los diversos parámetros de la red.

En el anexo desde el A1 hasta A9 se puede apreciar el resultado del *site survey* realizado el 1 de Febrero del 2007.

En la figura 4.1 se puede observar la ubicación actual de los puntos de acceso con sus respectivos niveles de señal

[11] www.tranzeo.com/products/radios/TR-6000-Series



Figura. 4.1. Ubicación actual de los puntos de acceso y su cobertura en el campus

Considerando lo antes mencionado se proponen las siguientes ubicaciones de los posibles sitios para brindar continuidad y calidad de cobertura en todo el campus:

Tabla. 4.2. Información general de los sitios preliminares

Nombre	Sigla	Ubicación	Objetivo de Cobertura
Estación 1.1	PSG	Edificio de Posgrados.	0 a 100 metros
Estación 1.2	CTL	Edificio Central.	0 a 100 metros
Estación 1.3	MED	Edificio de la MED	0 a 100 metros
Estación 1.4	CLE	Coliseo	0 a 100 metros
Estación 1.5	ELE	Facultad de Ingeniería Electrónica.	0 a 100 metros
Estación 1.6	BAR	BAR	0 a 100 metros
Estación 1.7	BTC	Biblioteca	0 a 100 metros

Para realizar la predicción de cobertura se recomienda utilizar antenas del tipo omnidireccionales, para tener mayor control de la cobertura y brindar este servicio inalámbrico en los exteriores.

A continuación en la figura 4.2 se muestra las configuraciones de predicción en donde la mayor parte de las zonas tienen un nivel de señal aceptable con la finalidad de que pueda haber intercambio de puntos de acceso y descongestionar la red como es el objetivo del estudio.

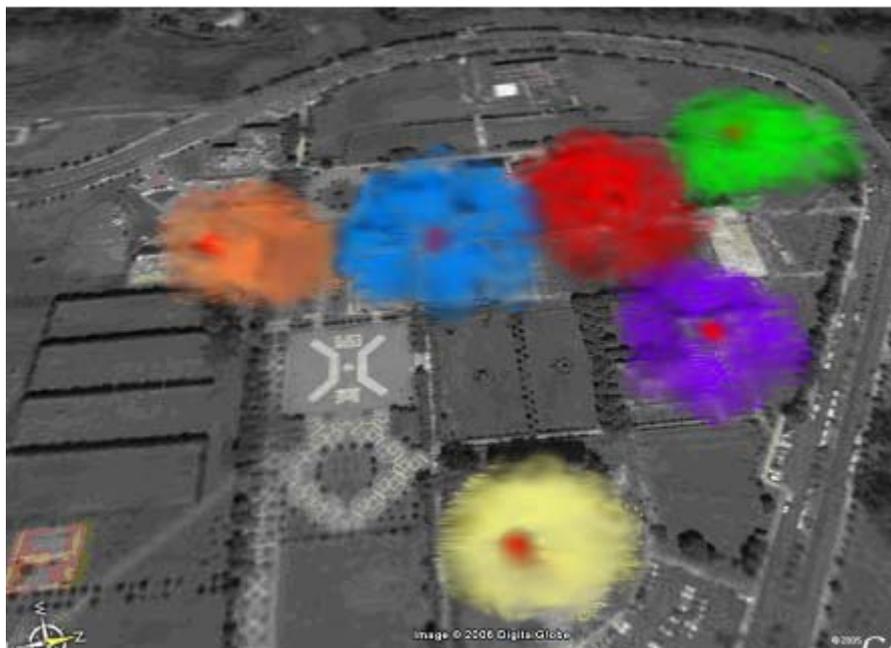


Figura. 4.2. Estructura Básica

Luego de realizar las predicciones y mediciones de cada uno de los sitios, se concluye que pueden ser considerados como posibles candidatos las ubicaciones actuales de los puntos de acceso, pues cumplen con la disposición física necesaria de abarcar la mayor área en cada uno de los edificios.

Con respecto a la energía, debe considerarse que los equipos nuevos requieren una fuente continua y cableado para su alimentación. Así, con la realización de una visita de campo se confirmó la disponibilidad de ésta energía y se concluyó que los equipos que están actualmente en funcionamiento están en

capacidad de donar el cableado de energía y de datos existente, con el fin de reutilizar dicho cableado.

Luego, cuando se opte por actualizar la red será necesario realizar las pruebas de campo con el equipo de prueba; para evidenciar las predicciones de cobertura generadas anteriormente y de esta manera validar si los sitios escogidos son adecuados para cumplir con los objetivos propuestos de calidad y continuidad del servicio en el campus.

4.2 ESTRATEGIAS DE PLANIFICACIÓN

En el presente apartado se procederá a dar una evaluación sistemática de la naturaleza del negocio, definiendo los objetivos a largo plazo, identificando metas y objetivos cuantitativos, desarrollando estrategias para alcanzar dichos objetivos y localizando recursos para llevar a cabo dichas estrategias.

Con esta planificación se conseguirá un diagnóstico, análisis, reflexión y toma de decisiones colectivas, en torno al que hacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro los administradores de red de la Escuela Politécnica del Ejército, para adecuarse a los cambios y a las demandas que les impone el entorno y lograr el máximo de eficiencia y calidad de sus prestaciones.

Así, se establecerá:

- Dirección a seguir por los administradores y sus unidades de negocio.
- Examinar, analizar y discutir sobre las diferentes alternativas posibles.
- Facilitar la posterior toma de decisiones.
- Suponer mayores beneficios y menores riesgos.

Definición del Plan Estratégico.

Como se ha mencionado en la introducción de este proyecto, se asume que este será implantado por la Escuela Politécnica del Ejército. Es por esta razón que este proyecto se lo tratará como la gestión de una nueva unidad de negocios por su importancia estratégica como desarrollo del negocio a futuro.

Para empezar se determinará las ventajas competitivas de la implementación pero para realizar el análisis se debe tener en cuenta los siguientes factores que afectan y determinan el atractivo del sistema a implantar y optimizar:

- Crecimiento paulatino de usuarios con dispositivos inalámbricos (esencialmente Laptop's).
- Percepción de "Comoditización" y "Rapidez" en el uso de las Redes WLAN para personal civil y militar de la Escuela Politécnica del Ejército.
- Reemplazo de sistemas cableados por sistemas inalámbricos.

Análisis del Entorno.

El objetivo es analizar la influencia que tanto el entorno general como específico tienen sobre el presente caso de negocios.

Una de las vulnerabilidades de trabajar con la banda de los 2.4 GHz, es la interferencia producida por aparatos electrónicos que operan bajo esta frecuencia como por ejemplo hornos microondas, teléfonos inalámbricos y equipos con tecnología Bluetooth. Si bien esta situación no es perceptible y poco probable tiene real incidencia en una red y se debe tomar en cuenta posibles interferencias [2]

[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

El entorno general.

En el entorno general se estudian las fuerzas socioculturales, económicas, tecnológicas y político / globales que enmarcan el estudio. Estas fuerzas marcan una clara influencia en el desarrollo del concepto Wi-Fi, y como es costumbre en las fuerzas que componen el entorno general, verificaremos como las agrupaciones poseen una muy limitada capacidad de modificarlas.

Fuerzas socioculturales.

Una de las principales fuerzas socioculturales desde hace 10 años ha sido la aparición, consolidación y aceptación del Internet como medio de comunicación y entrenamiento masivo. Así, el Internet ha llegado a revolucionar la forma en que nos comunicamos, independientemente de la edad y la formación. Conceptos primordiales como la interactividad y simultaneidad de servicios que ya han sido incorporados en las redes WLAN y el uso de Internet por los estudiantes que ha llegado a ser la principal fuente de consulta y de desarrollo académico.

Otra fuerza sociocultural de relevancia para este trabajo es el avance tecnológico a un paso vertiginoso que hace que las personas continuamente estén actualizándose en lo que se refiere a dispositivos inalámbricos como PDA's y Palm's que se pueden conectar a una red inalámbrica fácilmente.

Fuerzas económicas.

Según varias fuentes especializadas en el tema económico señalan que el existe un crecimiento a nivel mundial y en particular América del Sur y el Sudeste

Asiático e indican que este crecimiento económico será mayor en un plazo de diez años.

Dada la focalización del proyecto, es de esperar que el crecimiento económico en el país, ayude a que en el área de las comunicaciones, actúe como un disparador para el éxito del avance tecnológico de la Escuela Politécnica del Ejército.

Fuerzas tecnológicas.

Dentro de las fuerzas tecnológicas del presente proyecto cabe mencionar:

- La migración de redes hacia una '*all IP network*': en la actualidad todos los operadores a nivel mundial se encuentran en la fase de comienzo de la migración de sus redes a una 'red de próxima generación' basada en protocolo IP. Es precisamente esta componente tecnológica sobre la que se basa el despliegue de los servicios redes inalámbricas integradas con redes cableadas.
- Aparición de nuevos protocolos y estándares para el mejoramiento y administración de red: permiten en la actualidad tener un control y administración de clientes inalámbricos conectados a través de una WLAN.
- Despliegues de acceso a redes no cableadas e incremento de las velocidades de transmisión: pensados originalmente para soportar conexiones de Internet cada vez más rápidas, permiten en la actualidad tanto por un creciente número de accesos como por el incremento de velocidades de conexión, desplegar servicios de video conferencia sobre transmisiones inalámbricas, reaprovechando la infraestructura existente, evitando de este modo las enormes erogaciones necesarias en el pasado para construir nuevas redes '*overlay*' para

servicios de video, o bien el complemento de las redes de cobre con nuevas redes.

Fuerzas político / legales.

La prestación de servicios de redes inalámbricas del Ecuador debe enmarcarse en el Plan Nacional de frecuencias dictada el 26 de octubre del 2000 por el CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES y su REGISTRO OFICIAL en sus Notas Nacionales relacionadas al Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia EQA.195 la cual establece que el uso de la banda 2.400 — 2.483,5 MHz, es atribuida a los servicios fijo, móvil y radiolocalización, operan sistemas de seguridad pública compartido con sistemas de espectro ensanchado (Spread Spectrum). Así los equipos operando actualmente en el campus y los equipos ha adquirirse están y estarán bajo este plan de frecuencias por ende una fuerza Político/legal imprescindible.

El entorno específico.

Análisis de la Situación.

La Escuela Politécnica del Ejército Campus Sangolquí tiene Puntos de Acceso ubicados estratégicamente con el fin de soportar los requerimientos de los usuarios más no para abarcar todo el Campus.

La tecnología de comunicación inalámbrica utilizada para el campus aprovecha las señales de radio. Los puntos de acceso están ligados a un switch físicamente a través de cable UTP.

El switch o conmutador está enlazado con el CORE del departamento de TIC's a través de fibra óptica en lo que se la denomina VLAN2 como se muestra en la figura. 4.3.

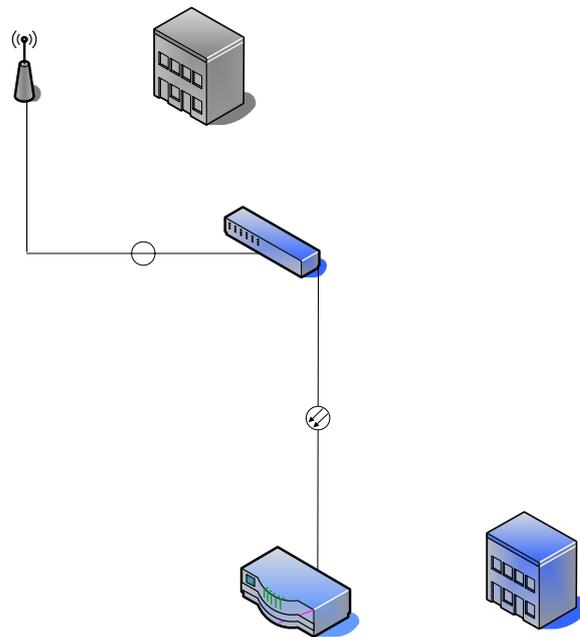


Figura. 4.3. Estructura Básica

Los AP en el Campus están ubicados de la siguiente manera:

- Edificio de Posgrados. En donde existen varios puntos de acceso, uno en el primer piso de uso interno y otro ubicado en el auditorio de Posgrados.
- Edificio Central. Ubicado en el Tercer Piso.
- Edificio de la MED en el primer piso.
- Coliseo, más específicamente la Facultad de Educación Física en el área de Desarrollo Físico.
- Facultad de Ingeniería Electrónica.
- BAR

Edificio n

Punto de Acceso

UTP

Swit

Fibra Óptica

- Biblioteca

En la figura 4.4 se muestra la ubicación de un AP en donde se puede apreciar el sistema de transmisión y de radio.



Figura. 4.4. Punto de Acceso ubicado en la Facultad de Ingeniería Electrónica

La situación actual de la red inalámbrica del campus tiene varias vulnerabilidades pues al trabajar en la banda de los 2.4 GHz, sufre interferencias producidas por aparatos electrónicos que operan bajo esta frecuencia como por ejemplo hornos microondas, teléfonos inalámbricos y equipos con tecnología Bluetooth. [2]

Además el hecho de encontrar una red inalámbrica altamente congestionada con un tráfico de red excesivo y con un sin número de clientes conectados a un solo punto de acceso sobre todo cuando existen aglomeraciones en la biblioteca y en edificio de la MED en temporada de exámenes y entrega de guías.

Hoy en día se puede prevenir a los clientes de la red inalámbrica que se conecten a puntos de acceso saturados o que terminen sus sesiones si fuera el caso de encontrar estos puntos de acceso. Pero esta acción puede molestar a los clientes y sus sesiones.

[2] www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html

La seguridad es un tema importante las redes inalámbricas emplean ondas de radio para transmitir los datos y estas ondas viajan a través de los muros de los edificios. Mediante el uso de antenas especiales, los intrusos pueden acceder a la red inalámbrica o interceptar sus datos desde kilómetros de distancia.

Estrategia Deliberada y Estrategia Emergente.

De las dos posibles estrategias, estaremos empleando una Estrategia Deliberada, debido a que inversiones financieras y los largos plazos de retorno de la inversión obligan a seguir estrategias fundadas en planes de negocios, análisis y evaluación de todos ellos coordinados por una Unidad de Negocios.

Desarrollo de la Estrategia Corporativa.

A través de los años, las empresas de telecomunicaciones han presentado un esquema de negocio único, en donde la concentración en un determinado tipo de servicios hizo que por años las empresas obtuvieran una sólida y perdurable rentabilidad. Claramente los operadores incumbentes han seguido una estrategia de concentración²⁰. Por otro lado, los recursos humanos disponibles se concentran en desarrollar una sola actividad, lo que permite también que la organización toda se concentre en un grupo específico de estrategias, lo que les permite alcanzar un modelo de crecimiento con rentabilidad.

Sin embargo, los cambios que se están experimentando en el mercado de las telecomunicaciones, los cuales hacen 'converger' diferentes mercados (datos, voz, video, movilidad, etc.), hace que las autoridades de la Escuela Politécnica del

²⁰ Estrategia de Concentración: Grupo de producto / servicio pequeño o único que permite dominar la actividad, especializarse en la misma y obtener un profundo conocimiento de la misma, reduciendo de esta manera posibles errores en la determinación de la dirección estratégica

Ejército deban revisar su estrategia para poder afrontar exitosamente los cambios que se avecinan.

Considerado que la introducción de los servicios WLAN representa un cambio fundamental en el desarrollo de la Estrategia Corporativa, dado que implica en primer término un abandono de la tradicional Estrategia de concentración mencionada anteriormente y la adopción de un modelo de Estrategia de Diversificación, dado que se está en presencia de la incorporación de servicios que son claramente diferentes a los servicios de voz y datos que hasta ahora eran el 'servicio core'.

Adicionalmente, dado que por sus características los servicios pueden relacionarse entre sí (serán brindados a través de una misma red, con la misma plataforma tecnológica, en un mercado que se está fusionando), podemos decir adicionalmente que estamos en presencia de una Estrategia de Diversificación Relacionada.

De esta manera, basándose en las similitudes entre la base tecnológica a usar para la prestación de los servicios, los procesos para la creación de los mismos, etc., podemos concluir que a pesar de incorporar un servicio que tradicionalmente no ha sido parte de la oferta de los Operadores Incumbentes, se pueden encontrar sinergias que beneficiarán a la organización, reduciendo adicionalmente el riesgo del proyecto en forma considerable.

Por otro lado, y dada la elección del modelo de negocio que hemos planteado anteriormente, se podrá plantear como parte del método de diversificación para el despliegue inicial una Joint Venture o alianza estratégica con un proveedor de contenidos que aporte la experiencia necesaria en la provisión de servicios. En función del grado de avance del negocio y los resultados obtenidos, se podrá estudiar a futuro una Estrategia de Integración Vertical, donde a través de una posible fusión o adquisición de una nueva tecnología se incorpore al estudiantado

la experiencia necesaria para poder pasar a un modelo de negocios donde él mismo sea un creador de contenidos, aportando de esta manera un grado de diferenciación adicional respecto de sus competidores que son sus colegas en el campo de las telecomunicaciones.

En la figura 4.5 se muestra la evolución de la convergencia hacia un nuevo estándar que logrará tener una mejor cobertura en el campus y el descongestionamiento de la red en periodos críticos

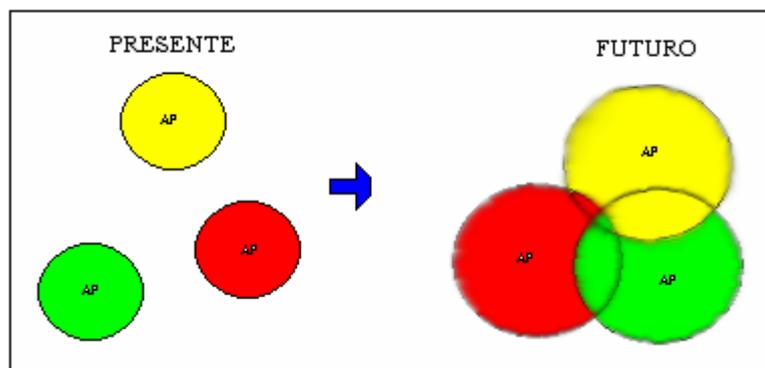


Figura. 4.5. Evolución de la convergencia hacia el nuevo estándar 802.11v y CAPWAP

Análisis de Capacidades Estratégicas.

A continuación analizaremos e identificaremos aquellas capacidades claves para el desarrollo de la Estrategia:

Operativas.

- Atención las 24 horas. (7x24)
- Sistemas de control, monitoreo y administración.
- Seguridad de la red inalámbrica.
- Administración de bases de datos concurrentes.
- Mayor cobertura.

Definiciones Estratégicas.

Objetivos y Metas a largo plazo.

Se pretende lograr una optimización de la red actual basándose en el control de los clientes inalámbricos, selección de red, optimización y recuperación estadística además de monitoreo.

El control de clientes inalámbricos envuelve una distribución de clientes con la finalidad de balancear las cargas entre los puntos de acceso.

Adquisición de nuevos equipos o en su defecto actualizaciones lograrán que el balanceo de cargas sea transparente al usuario ayudándolos a conectarse a los puntos de acceso con un ancho de banda disponible y considerable.

Mejorar la seguridad de la red inalámbrica con el fin de que se pueda dar mayor cobertura sin tener que preocuparse por denegación de servicios (DoS), daño o robo de equipos, accesos no autorizados y robo de información, uso de Internet e inserción de códigos dañinos y/o el phishing²¹.

Misión.

²¹ Phishing: Acción de conseguir información de clientes en una red, como por ejemplo números de tarjetas de crédito, password etc.

Ofrecer soluciones innovadoras de telecomunicaciones y acceso a contenidos para los clientes inalámbricos de la Escuela Politécnica del Ejercito campus Sangolquí. Brindar soluciones diferenciadas de alta calidad y en constante desarrollo tecnológico, en un ámbito que atraiga, desarrolle y motive a los estudiantes y personal civil y militar.

Visión.

Convertirnos en los líderes en el desarrollo y administración de redes inalámbricas, en un marco de constante innovación tecnológica, asegurando la satisfacción de los usuarios.

Valores.

Liderazgo en innovación y mejora continua.

Orientación a los usuarios.

Ética profesional y organizacional.

Responsabilidad y compromiso social.

4.3 PLANIFICACIÓN ESTRUCTURAL

Una planificación estructural se realiza con el fin de determinar básicamente las características geométricas y estructurales de cada uno de los elementos constitutivos de la red, basados en los comportamientos y características físicas de la WLAN.

Un *Site Survey* es usado para determinar mejores prácticas para el desenvolvimiento de redes inalámbricas. En un *Site Survey* se revisa las características del diseño WLAN, incluyendo instalación, infraestructura, usuarios y requerimientos de aplicación.

Después unos análisis iniciales, primeramente de revisión de plantas pisos y/o paredes, averiguar al administrador de red algunas preguntas de planeamiento, entonces se tendrá un diseño el cual deberá ser probado y verificado además deberá ser revisado si fuere el caso de encontrar nuevas variables. El reconocimiento facilita la identificación de las características del sitio, descubriendo interferencias que pueden afectar la cobertura o el desenvolvimiento de la red e identificando si existe una infraestructura necesaria para la instalación final.

Luego se debe tomar un acuerdo con el administrador de red con el fin de lograr políticas para las cuales se determina los requerimientos de negocio a futuro.

Como paso final, es necesaria una prueba final para lo cual se debe recorrer los alrededores del punto de acceso observando la cobertura y las características de RF.

Por ende, se califica la calidad de la señal y cuando sea necesario, alternar la localización del AP para corregir la posible interferencia. Estas pruebas pueden ser realizadas con cualesquier software basado en analizadores WLAN como por ejemplo Netstumbler y otros programas similares como es el caso del presente estudio, el uso de Wirelessmon versión 2.

Así, se debe identificar requerimientos incluyendo:

- Cobertura. Qué áreas deberían cubrirse y qué densidad de usuarios existe en estas áreas como se puede apreciar en el anexo A1.
- Cobertura indoors y/o outdoors. Esto define localización de AP's, tipos de antenas y canales usados, características en el diseño final como se visualiza en el anexo A1.
- Cuáles son los obstáculos y capacidades. Qué está siendo transmitido sobre la WLAN, es el tiempo, retardos o ancho de banda sensitivo. Esto puede ayudar a definir cual estándar usar, 802.11a, b o g y v.
- Identificar el número de usuarios inalámbricos frecuentes y discutir el crecimiento anticipado. Esto ayudará en la futura definición de requerimientos de equipos y necesidades de segmentación de red.
- Movilidad y características de Roaming. Esto afecta a las características incluyendo seguridad y direccionamiento AP. Los usuarios requerirán conectividad continua entonces las aplicaciones no tendrán un *timeout* o se desconectarán o una reconfiguración IP es aceptable.
- Seguridad necesaria para el campus y para los usuarios. Si la privacidad e integridad de los datos son necesarias.
- Políticas de seguridad. Cómo la WLAN afectará las políticas.
- Requerimientos de redes IP. Cuáles son los requerimientos de direccionamiento IP que pueden ser realizados para minimizar el impacto sobre el espacio direccionado, puede el traslado de direccionamiento de red ser utilizado y su roaming o VPN corresponde esa necesidad de ser direccionado.

- Determinar requerimientos aplicativos. Qué hacen los usuarios sobre la WLAN y son estos sensitivos a los retardos e inclusive a limitado ancho de banda.

Después de que el plan preliminar ha sido trazado y se ha realizado un completo *Site Survey*, un reporte acerca del diseño de la red puede ser suministrado la información debe incluir:

- Una descripción acerca de la interconexión entre la red cableada y la red inalámbrica.
- Identificación del área de cobertura RF y necesariamente niveles de señal RF además de características de canales acerca de la instalación.
- Identificación de conexiones físicas requeridas para los equipos incluyendo ubicación, energía y requerimiento de red cableada.
- Características administrativas incluyendo nombramiento y características de direccionamiento además de documentación necesaria para respaldar.
- Identificar requerimientos de mantenimiento incluyendo actualizaciones de software, respaldos de configuración, administración y capacidad de vacunas.
- Identificar usuarios inalámbricos y/o requerimientos de software además el tiempo que tomaría preformar cada actualización.

Consideraciones de Diseño (Rango).

El rango es inversamente proporcional a la tasa de datos. Mientras más corto es el rango más rápidos son los datos. Al menos esta es verdadera mientras la

calidad de la señal se mantiene. Una rápida tasa de datos son susceptibles a la interferencia y al ruido, por lo tanto tasas de datos lentas son mucho más tolerantes a interferencias externas.

En la figura 4.6 se muestra un ejemplo de la definición de rango.

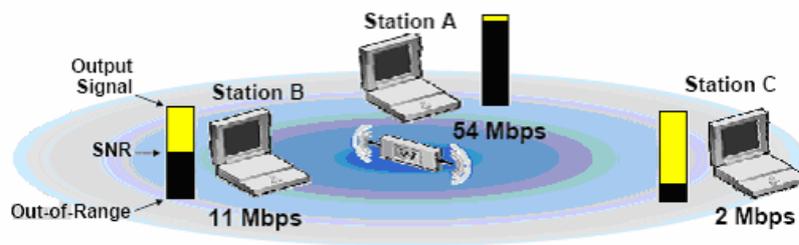


Figura. 4.6. Ilustración de rango [36].

El rango también es altamente dependiente al entorno físico. En una locación con línea de vista con antenas elevadas y calibradas, la predicción del rango es bastante aceptable. Pero en un edificio con un sin número de cubículos, paredes y gabinetes metálicos el rango es significativamente afectado.

La pérdida de señal y la cobertura es identificada por el recorrido realizado por el *Site Survey*. Así, se debe revisar las características alrededor del AP inclusive en obstrucciones tales como paredes, puertas, y gabinetes.

El rango también depende de otro tipo de interferencias electrónicas propias del ambiente como por ejemplo las líneas telefónicas, estas pueden causar que el rango varíe significativamente. Esta interferencia puede observarse llegada la noche o realizar las pruebas respectivas en un fin de semana cuando la demanda de clientes es relativamente baja.

Debe tratarse de preservar el sistema cuidando que no exista otro tipo de equipos transmisores o fuentes de ruido eléctrico tales como motores, equipos de suelda y equipos que causan ruido electrónico.

No se debe montar los puntos de acceso en lugares donde existan lámparas o dispositivos con luces fluorescentes pues como se sabe la lámpara parecería apreciarse constante pero la ionización aparece y desaparece 120 veces por segundo. Este efecto puede modular una señal entrante e interferir la recepción de esta.

El Exceso de rango puede también ser perjudicial, pues con el incremento en rango se incrementa el potencial de interferencia, por ejemplo colocar un punto de acceso adyacente a una ventana en un segundo piso puede causar que la señal fugue a lugares donde no se requiere acceso. [36]

Diagnostico.

El estudio contempla una fase inicial que es la inspección visual a los sitios donde se encuentran ubicados los AP, lo que se hizo el 30 de Noviembre del 2006 y donde se establece que la configuración arquitectónica y estructural de los AP distribuidos por el campus son:

- Edificio de Posgrados. En donde existen varios puntos de acceso, uno en el primer piso de uso interno y otro ubicado en el auditorio de Posgrados.
- Edificio Central. Ubicado en el Tercer Piso.
- Edificio de la MED en el primer piso.

- Coliseo, más específicamente la Facultad de Educación Física en el área de Desarrollo Físico.
- Facultad de Ingeniería Electrónica.
- BAR ESPE
- Biblioteca

En la figura 4.7 se puede observar la ubicación física de los AP distribuidos en zonas.



Figura. 4.7. Ubicación Física de los Puntos de Acceso en le campus.

Se tratan de Puntos de acceso con el fin de suplir las necesidades de los usuarios, más no de envolver una cobertura que abarque una zona extensa.

Posteriormente se procede a la construcción del modelo estructural con el que se realizó el análisis y se determinó que los Puntos de Acceso cumplen con la norma de la IEEE 802.11b y una frecuencia de operación de los equipos va desde los 2401MHz a 2483,5MHz.

Dentro de los requerimientos está la implementación de equipos que trabajen bajo el estándar 802.11g con el fin de aumentar la velocidad y estar a la par con la tecnología.

Las antenas deberán ser omnidireccionales y operar en el rango de frecuencias desde los 2400 a los 2485 MHz su ganancia en lo posible 14dBi que se extiendan por cada uno de los puntos de acceso.

En la figura 4.8 se observa uno de los puntos de acceso ubicado en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Electrónica Edificio central con su respectiva antena.



Figura 4.8. Ubicación Física de los Puntos de Acceso FIE.

Desarrollo del Análisis Estructural.

Se ha verificado que los puntos de acceso se encuentran ubicados estratégicamente y bajo las normas estipuladas permitiendo una cobertura aceptable.

Con el *site survey* se determinaron la cobertura y los sitios en los cuales se tiene una mejor recepción y se detectó los lugares en donde no existe señal. Simultáneamente se analizaron los diseños de conexiones de infraestructura de red.

4.4 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

Espectro electromagnético.

Cuando los electrones se mueven crean ondas electromagnéticas que se pueden propagar en el espacio libre, aún en el vacío. La cantidad de oscilaciones por segundo de una onda electromagnética es su frecuencia, f , y se mide en Hertz (hercio).

La distancia entre dos máximos o mínimos consecutivos se llama longitud de onda y se designa con la letra griega λ .

Al conectarse una antena apropiada a un circuito eléctrico, las ondas electromagnéticas se pueden difundir de manera eficiente y captarse por un receptor a cierta distancia. Toda la comunicación inalámbrica se basa en este principio.

En el vacío todas las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad, sin importar su frecuencia. Esta velocidad, usualmente llamada velocidad de la luz, c , es aproximadamente 3×10^8 m/seg.

La figura 4.9 nos muestra el espectro electromagnético. Las porciones de radio, microondas, infrarrojo y luz visible del espectro pueden servir para transmitir información modulando la amplitud, la frecuencia o la fase de las ondas.

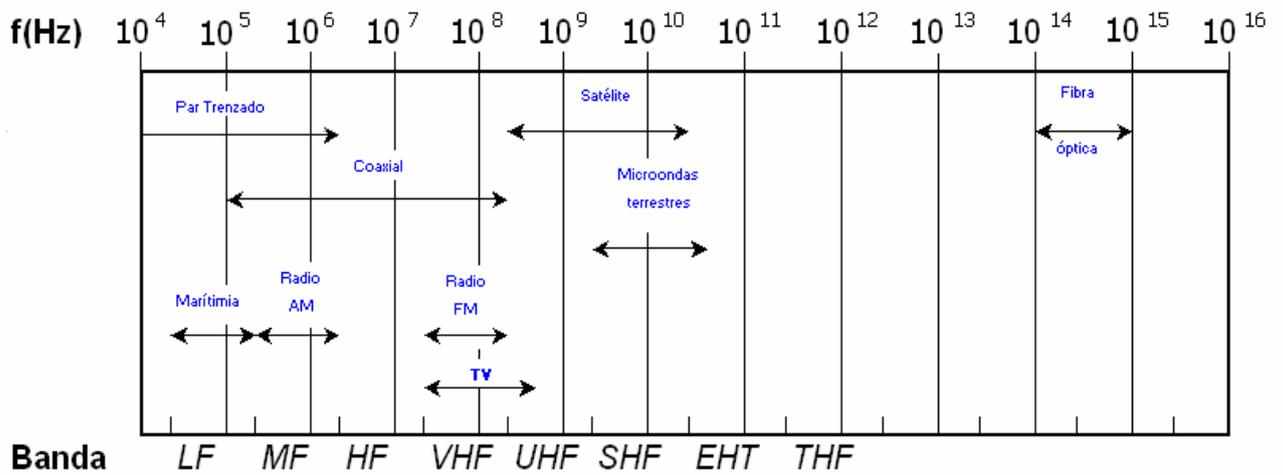


Figura. 4.9. Espectro electromagnético y su uso para comunicaciones [29]

Radio Transmisión.

Las ondas de radio son fáciles de generar, pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto de interiores como de exteriores. Las ondas de radio también son omnidireccionales, ósea viajan en todas las direcciones desde la fuente, por lo cual el transmisor y el receptor no tienen que alinearse.

[29] www.emagister.com/wi-fi-redes-inalambricas-cursos-2333506.htm

Las propiedades de las ondas de radio dependen de la frecuencia. A bajas frecuencias, las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. [29]

A frecuencias altas, las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos. También son absorbidas por la lluvia. Todas las ondas de radio están sujetas a interferencia por los motores y equipos eléctricos. Debido a la capacidad de viajar distancias largas y la interferencia entre usuarios, los gobiernos legislan el uso de radiotransmisores.

Redes De Radio Frecuencia.

Por el otro lado para las Redes Inalámbricas de Radiofrecuencia, la FCC permitió la operación sin licencia de dispositivos que utilizan 1 Watt de energía o menos, en tres bandas de frecuencia: 902 a 928 MHz, 2,400 a 2,483.5 MHz y 5,725 a 5,850 MHz.

Estas bandas de frecuencia, llamadas bandas ISM, estaban anteriormente limitadas a instrumentos científicos, médicos e industriales. Lo que se interpreta que está abierta para cualquier uso. Para minimizar la interferencia, las regulaciones de FCC estipulan que una técnica de señal de transmisión llamada *spread-spectrum modulation*, la cual tiene potencia de transmisión máxima de 1 Watt deberá ser utilizada en la banda ISM.

Esta técnica ha sido utilizada en aplicaciones militares. La idea es tomar una señal de banda convencional y distribuir su energía en un dominio más amplio de frecuencia. Así, la densidad promedio de energía es menor en el espectro equivalente de la señal original. En aplicaciones militares el objetivo es reducir la densidad de energía abajo del nivel de ruido ambiental de tal manera que la señal

no sea detectable. La idea en las redes es que la señal sea transmitida y recibida con un mínimo de interferencia.

Existen dos técnicas para distribuir la señal convencional en un espectro de propagación equivalente:

La secuencia directa: (DSSS) En este método el flujo de bits de entrada se multiplica por una señal de frecuencia mayor, basada en una función de propagación determinada. El flujo de datos original puede ser entonces recobrado en el extremo receptor correlacionándolo con la función de propagación conocida. Este método requiere un procesador de señal digital para correlacionar la señal de entrada.

El salto de frecuencia: (FHSS) Este método es una técnica en la cual los dispositivos receptores y emisores se mueven sincrónicamente en un patrón determinado de una frecuencia a otra, brincando ambos al mismo tiempo y en la misma frecuencia predeterminada. Como en el método de secuencia directa, los datos deben ser reconstruidos en base del patrón de salto de frecuencia. Este método es viable para las redes inalámbricas, pero la asignación actual de las bandas ISM no es adecuada, debido a la competencia con otros dispositivos, como por ejemplo las bandas de 2.4 y 5.8 MHz que son utilizadas por hornos de Microondas.

Se espera que las frecuencias a ser utilizadas por los nuevos equipos a ser adquiridos o en su defecto la actualización mediante software de los equipos que están trabajando actualmente, tengan como banda aplicativa la ISM y la frecuencia desde los 2,400 hasta los 2,483.5 MHz.

Entonces, la reutilización de frecuencias es imprescindible y necesaria para la optimización de la red inalámbrica de la Escuela Politécnica del Ejército pero si se piensa cubrir una gran parte del campus como es el objeto del estudio se tendrá que pensar en utilizar varios canales a distintas frecuencias.

4.5 DATOS DE PROPAGACIÓN Y MEDIOS DE PREDICCIÓN NECESARIA PARA EL DISEÑO

Introducción.

A diferencia de los canales cableados que son fijos, estacionarios y predecibles los canales de radio son extremadamente aleatorios y no son fáciles de analizar, pues muchos factores influyen en su desempeño como por ejemplo la obstrucción de edificios, montañas en general obstáculos físicos e inclusive la velocidad del dispositivo inalámbrico tiene trascendencia en la señal recibida.

En general el modelamiento del canal de radio ha sido históricamente una de las etapas más complejas y difíciles en el diseño de sistemas inalámbricos los cuales se hacen de manera típicamente estadística.

En la mayoría de sistemas de redes inalámbricas se puede atribuir la propagación de ondas electromagnéticas a varios fenómenos como la difracción dispersión y relajación en donde entre el transmisor y el receptor no existe línea de vista y los obstáculos provocan pérdidas por estos fenómenos.

El desvanecimiento por multiruta ocurre cuando existen múltiples reflexiones de la señal en diversos objetos y también es un factor a considerar en el diseño.

Así, los modelos de propagación se han enfocado en la predicción de la potencia promedio recibida a una distancia dada del transmisor también llamada intensidad y de las variaciones de la potencia de la señal en un punto específico.

Los modelos de propagación a larga escala modelan o caracterizan la fuerza o potencia de la señal para distancias de separación entre Tx y Rx grandes (varios cientos o miles de metros).

Por otro lado los modelos de propagación que caracterizan las fluctuaciones rápidas de la fuerza o potencia de la señal recibida, sobre distancias muy cortas (unas cuantas longitudes de onda) o para tiempos de recorrido muy cortos (algunos segundos), se conocen como: modelos de propagación a corta escala o Fading Models.

Estas predicciones son necesarias para estimar el área de cobertura de radio del transmisor.

Para determinar la capacidad así como la eficiencia de un sistema de radio es necesario establecer varios aspectos como el método de acceso, el tipo de modulación y el ancho de banda disponible. Pero los diseñadores de sistemas inalámbricos en general solo poseen control de la utilización del espacio y tiempo además de una aproximación de la eficiencia de la tecnología de transmisión por radio.

A decir verdad los diseños basados en alta eficiencia son generalmente descartados por no ser muy obvios en su utilización en cuanto a rapidez y conveniencia. [30]

[30] www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default2.asp

Factor de reuso.

El número del conjunto de canales requeridos es comúnmente llamado "Factor de Reuso" o "Valor N", para el sistema de planos celulares. El sistema de planos celulares original, contempla 7 grupos de canales de comunicación y 21 grupos de canales de configuración basados en una estructura celular hexagonal. (Un patrón de un hexágono con 6 hexágonos alrededor, da el valor de 7, y un segundo anillo de 14 da el valor de 21.)[30]

Puntos de acceso.

Un punto de acceso tiene la función de validar y retransmitir los mensajes recibidos y generalmente son colocados en puntos en los cuales abarcan el área que quiere cubrirse.

Para instalar estos puntos de acceso se debe tener en cuenta lo siguiente:

- La antena del punto de acceso debe ser colocada a una altura del techo, con el fin de cubrir una mejor cobertura.
- La antena del receptor o dispositivo inalámbrico generalmente debe ser más compleja que las de la repetidora, con el afán de que si la señal de la transmisión es relativamente baja, ésta podrá ser recibida correctamente.

Para el diseño se debe tomar en consideración a puntos de acceso compartidos que cumplan la función de retransmitir y con el fin de agregar la capacidad de seleccionar diferentes puntos de acceso para ésta retransmisión.

[30] www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default2.asp

La diferencia entre la parte más alta en donde se encuentra ubicado el punto de acceso y el dispositivo inalámbrico puede ser considerable cuando existe un obstáculo o una obstrucción.

Por esto es posible proyectar un sistema basado en puntos de acceso compartidos con el fin de que exista cobertura y administración de la red.

“Los ángulos para que una antena de patrón vertical incremente su poder direccional de 1 a 6 están entre los 0° y los 30° bajo el nivel horizontal, y cuando el punto de acceso sea colocado en una esquina, su poder se podrá incrementar de 1 a 4 en su cobertura cuadrada. El patrón horizontal se puede incrementar de 1 hasta 24 dependiendo del medio en que se propague la onda.”[30]

“En una estación, con antena no dirigida, el poder total de dirección no puede ser mucho mayor de 2 a 1 que en la de patrón vertical. Aparte de la distancia y la altura, el punto de acceso tiene una ventaja de hasta 10 dB en la recepción de transmisión de una estación sobre otra estación.” [30]

“Estos 10 dB son considerados como una reducción en la transmisión de una estación, al momento de proyectar un sistema de estación-a-estación.”[30]

Aislamiento en sistemas vecinos.

Con un proyecto basado en Puntos de Acceso, la cobertura de cada punto de acceso es definible y puede ser instalado para que las paredes sean una ayuda en lugar de un obstáculo. Las estaciones están recibiendo o transmitiendo activamente muy poco tiempo y una fracción de las estaciones asociadas, con un punto de

[30] www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default2.asp

acceso, están al final de una área de servicio; entonces el potencial de interferencia entre estaciones es mínimo comparado con las fallas en otros mecanismos de transmisión de gran escala. [30]

Modulación de radio.

El espectro disponible es de 40 MHz, según el resultado de APPLE y 802.11. La frecuencia es "Desvanecida" cuando en una segunda o tercera trayectoria, es incrementada o decrementada la amplitud de la señal. La distribución de probabilidad de este tipo de "Desvanecimientos" se le denomina "rayleigh". El desvanecimiento rayleigh es el factor que reduce la eficiencia de uso del espectro con pocos canales de ancho de banda.

Si es usada la señal de espectro expandido, la cual es 1 bit/símbolo, la segunda o tercera trayectoria van a causar un "Desvanecimiento" si la diferencia de la trayectoria es más pequeña que la mitad del intervalo del símbolo. Por ejemplo, una señal a 10 Mbps, necesita de 0.1 μ seg. de tiempo para propagar la señal a 30 mts. Diferencias en distancias mayores de 5 mts. causan mayor interferencia entre símbolos que el causado por el "Desvanecimiento". Si el símbolo es dividido en 7 bits, el mecanismo ahora se aplicará a una séptima parte de 30 mts. (o sea, 4 metros aproximadamente), una distancia en la trayectoria mayor de 4 metros no es causa de "Desvanecimiento" o de interferencia entre símbolos.

El promedio de bits debe ser constante, en el espacio localizado en el espectro y el tipo de modulación seleccionado. El uso de ciertos símbolos codificados, proporcionaran una mejor resolución a la longitud de trayectoria.

Un espectro expandido de 1 símbolo y cada símbolo con una longitud de 7,11,13,31 bits, permitirá una velocidad de 2 a 10 Mbps promedio. El código

ortogonal permite incrementar los bits por símbolo, si son 8 códigos ortogonales en 31 partes y si se incluye la polaridad, entonces es posible enviar 4 partes por símbolo para incrementar la utilización del espacio.

La canalización y señalización son métodos que compiten entre sí por el uso de códigos en el espacio del espectro expandido. Algunos de los códigos de espacio pueden ser usados por la canalización para eliminar problemas de superposición.

El espectro expandido puede proporcionar una reducción del "Desvanecimiento" rayleigh, y una disminución en la interferencia a la señal para que el mensaje sea transmitido satisfactoriamente

Para una comunicación directa entre estaciones de un grupo, cuando no existe la infraestructura, una frecuencia común debe ser alternada para transmisión y recepción. La activación, en la transmisión no controlada, por grupos independientes dentro de una área con infraestructura definida, puede reducir substancialmente la capacidad de organización del sistema. [30]

Eficiencia del tiempo.

El tiempo es importante para poder maximizar el servicio, al momento de diseñar la frecuencia en el espacio. El uso del tiempo está determinado por los protocolos y por los métodos de acceso que regularmente usen los canales de transmisión de la estación.

[30] www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default2.asp

Las características del método de acceso para que se considere que tiene un tiempo eficiente, pueden estar limitadas por los métodos que sean utilizados.

Algunas de estas características son:

1.- Después de completar una transmisión/ recepción, la comunicación debe de estar disponible para su siguiente uso.

a.- No debe de haber tiempos fijos entre la transmisión-recepción.

b.- Rellenar la longitud de un mensaje para complementar el espacio, es desperdiciarlo.

2.- La densidad de distribución geográfica y tiempo irregular de la demanda del tráfico deben ser conocidas.

a.- Un factor de Reuso, es más eficiente por un uso secuencial del tiempo que por una división geográfica del área.

b.- Para la comunicación en una área, se debe de considerar la posibilidad de que en áreas cercanas existan otras comunicaciones.

c.- La dirección del tráfico desde y hacia la estación no es igual, el uso de un canal simple de transmisión y recepción da una ventaja en el uso del tiempo.

3.- Para tráfico abundante, se debe de tener una "lista de espera" en la que se manejen por prioridades: "El primero en llegar, es el primero en salir", además de poder modificar las prioridades.

4.- Establecer funciones para usar todo el ancho de banda del canal de comunicación, para que el tiempo que exista entre el comienzo de la transmisión y la disponibilidad de la comunicación, sea lo más corto posible.

5.- El uso de un "saludo inicial" minimiza tiempos perdidos, en el caso de que los paquetes transferidos no lleguen correctamente; cuando los paquetes traen consigo

una descripción del servicio que requieren, hacen posible que se mejore su organización.

6.- La conexión para mensajes debe ser más eficiente que la selección, particularmente al primer intento, sin embargo la selección puede ser eficiente en un segundo intento cuando la lista de las estaciones a seleccionar sea corta.

Para transacciones de tipo asíncrona, es deseable completar la transacción inicial antes de comenzar la siguiente. Deben completarse en el menor tiempo posible. El tiempo requerido para una transacción de gran tamaño es un parámetro importante para el sistema, que afecta la capacidad del administrador de control para encontrar tiempos reservados con retardos, como hay un tiempo fijo permitido para la propagación, el siguiente paso debe comenzar cuando termina el actual. El control del tráfico de datos en ambas direcciones, se realiza en el administrador de control. [30]

Limite de la longitud del paquete y su tiempo.

Cuando el paquete es más pequeño, la proporción del tiempo usado al acceder al canal, es mayor, aunque la carga pueda ser pequeña para algunas funciones, la transferencia y descarga de archivos son mejor administrados cuando la longitud del paquete es de buen tamaño, para minimizar el tiempo de transferencia.

En paquetes grandes, se incrementa la posibilidad de que el paquete tenga errores en el envío, en sistemas de radio el tamaño aproximado ideal es de 512 octetos o menos, un paquete con una longitud de 100-600 octetos puede permitir la salida oportuna de respuestas y datagramas prioritarios junto con los datagramas normales.

[30] www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default2.asp

Es necesario de proveer formas para dividir los paquetes en segmentos dentro de las redes inalámbricas. Para un protocolo propuesto, el promedio de mensajes transferidos, es mayor para el tráfico originado por el "saludo inicial", que el originado por el punto de acceso. En este promedio se incluyen campos de dirección de red y otras funciones que son agregadas por el protocolo usado y no por el sistema de radio.

El mensaje más largo permitido para superar un retardo de acceso de 1.8. μ seg. y un factor de Reuso de 4, utiliza menos de 600 μ seg. Un mensaje de 600 octetos utiliza 400 μ seg. a una velocidad de transmisión de 12 Mbps, los 200 μ seg. que sobran pueden ser usados para solicitar requerimiento pendientes. El tiempo marcado para un grupo de Reuso de 4 puede ser de 2,400 μ seg. Este tiempo total puede ser uniforme, entre grupos comunes y juntos, con 4 puntos de acceso. Sin embargo la repartición del tiempo entre ellos será según la demanda.

Las computadoras necesitan varios anchos de banda dependiendo del servicio a utilizar, transmisiones de datos, de vídeo y voz de voz, etc. La opción es, sí:

- 1.- El medio físico puede multiplexar de tal manera que un paquete sea un conjunto de servicios.
- 2.- El tiempo y prioridad es reservado para el paquete y los paquetes relacionados con el, la parte alta de la capa MAC es multiplexada.

La capacidad de compartir el tiempo de estos dos tipos de servicios ha incrementado la ventaja de optimizar la frecuencia en el espacio y los requerimientos para armar un sistema. [30]

Por otro lado para calcular manualmente los niveles de potencia es común y mucho más fácil trabajar en decibelios (dB).

La fórmula de conversión

$$\text{dB} = 10 \times \text{Log}_{10} (\text{N})$$

dados los dBs se obtiene

$$\text{N} = 10^{(\text{dB}/10)}$$

En la figura 4.10 se muestra la convención entre los decibelios y en numero N.

Number N	dB
1,000,000,000	+90
100,000,000	+80
10,000,000	+70
1,000,000	+60
100,000	+50
10,000	+40
1,000	+30
100	+20
10	+10
4	+6
2	+3
1	0
0.5	-3
0.25	-6
0.1	-10
0.01	-20
0.001	-30
0.0001	-40
0.00001	-50
0.000001	-60
0.0000001	-70
0.00000001	-80
0.000000001	-90

Figura.4.10. Convención entre los dBs

Canales asociados.

Adyacente a los puntos de acceso se deberá configurar canales diferentes que no estén traslapados (Para canales de 802.11b/g 1,6 y 11). En la mayoría de configuraciones los AP seleccionan automáticamente el mejor canal a usar, pero si existe mucha interferencia sobre uno de los canales se puede confundir y moverse a otro canal y continuar que encuentre el canal disponible con la mejor tasa de bits.

Pero con pocos APs puede repetir este proceso indefinidamente, buscando entre todos lo AP existentes buscando el mejor canal.

Para esto se requiere que cada el operador de los AP configure manualmente los canales no traslapados.

En la figura 4.12 se muestra como cada AP adyacente esta seteado para evitar interferencias en el canal y obtener la mejor tasa de transmisión.

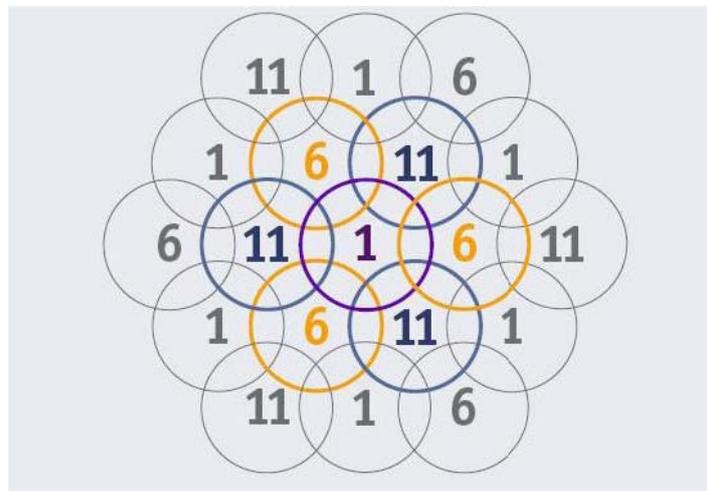


Figura. 4.12. Asignación de canales

4.6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS

En este apartado se busca establecer el flujo de ingeniería para el dimensionamiento de Equipos (Puntos de acceso, adaptador *Power Over Ethernet* (POE), Antenas, Supresor de Picos, *CORE*, *Switchs* de Borde).

Datos de entrada.

Los datos iniciales para el dimensionamiento de la plataforma son obtenidos del archivo que envía el área de Mercadeo ó de un extracto de la información mensual en donde se encontrará lo siguiente:

WLAN

- Total de clientes inalámbricos.
- UPRI (Uso promedio de la red inalámbrica)
- Porcentaje de utilización de la red en la hora pico por máquina.
- Total de clientes inalámbricos incremento por mes.
- Ancho de banda por nodo de origen y destino.
- Nuevas instalaciones.
- Nuevas aplicaciones.

Datos de salida.

Luego del análisis de los datos y el comportamiento de cada una de las plataformas obtendremos:

WLAN

- Numero de Puntos de Acceso nuevos.
- Costos Aproximados de Hardware y Software
- Costos de infraestructura

Principales rutinas.

Para un constante monitoreo es necesario mantener la estadística de cada uno de los elementos principales de forma actualizada; esto es considerar las horas de ocupación de la red inalámbrica.

Recursos.

Información histórica de tráfico

Matriz de dimensionamiento

Presupuesto de elementos de red

Proveedores.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Hardware:

6 Puntos de acceso Tranzeo Wireless Technologies (802.11g con 54 Mbps) y basados en el estándar 802.11 v o en su defecto con capacidad en CAPWAP (NextGeneration)

Software:

NextGeneration, 802.11v

Licencia para cada AP

Seguridades Habilitadas WPA2 (o en su defecto 802.11x)

- El sistema se integra con la red cableada a través de los switches de borde de cada edificio y estos a su vez con el CORE en las cuales se utiliza la tecnología 3COM
- Este sistema permite la introducción y evolución hacia futuros servicios video conferencias y clases virtuales.
- Este sistema cumple con el protocolo 802.11 v y/o CAPWAP y usando los canales 1, 6,11.
- Protocolos soportados: 802.11/g/k/v/x, CAPWAP, WAP2 sobre la IEEE y/o IETF.

Al momento no se dispone de una herramienta estadística para conocer el porcentaje de concurrencia de usuarios.

Además cabe indicar que el punto de acceso ubicado en el coliseo no entra dentro de la en análisis por el hecho de no tener gran cantidad de tráfico y no requiere mas que un solo canal así como el incremento de la velocidad de transmisión a 54 Mbps.

Arquitectura.

Debido al alto tráfico que se cursa a través de la WLAN de la Escuela Politécnica del Ejército a través de sus AP y porque además existen problemas de tráfico en el sector de la biblioteca y el edificio de la MED en ciertos periodos, es necesario optimizar la red con el fin de solucionar los aspectos antes mencionados.

En la figura 4.13 se muestra la arquitectura final en donde todos los 5 puntos convergen entre sí e interactúan físicamente.

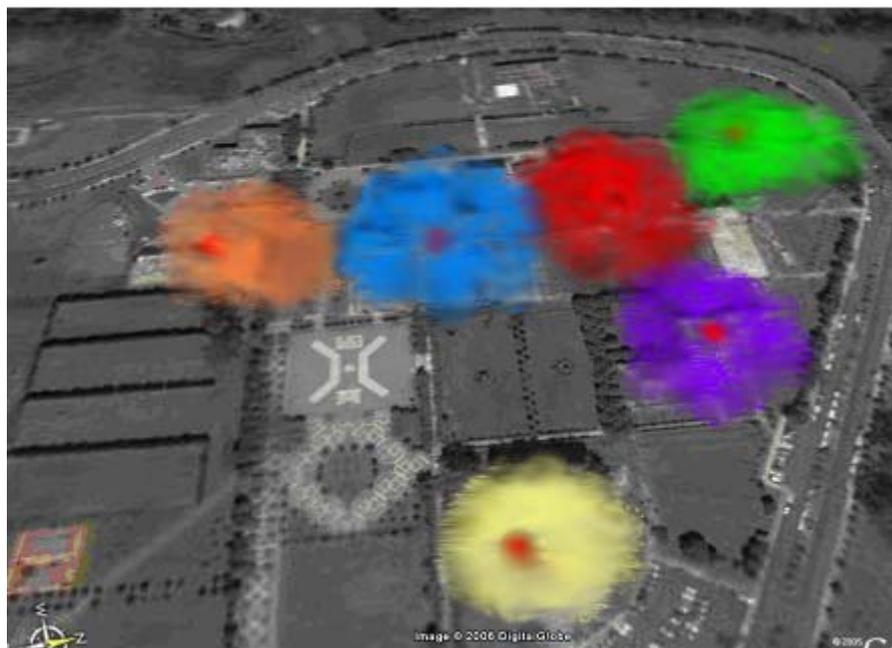


Figura. 4.13 Arquitectura Futura

Configuración Requerida.

En todos los sitios serán implementados únicamente equipos de servicio inalámbrico como se lo ha detallado anteriormente, el cual dispondrá de seis sectores:

- El Primero estará orientado únicamente hacia clientes enlazados en la biblioteca
- El Segundo estará orientado hacia clientes enlazados en el edificio de Posgrados
- El Tercero estará orientado hacia clientes enlazados en la FIE
- El Cuarto estará orientado hacia clientes enlazados en la MED
- El Quinto estará orientado hacia clientes enlazados en el Edificio Central
- El Sexto estará orientado hacia clientes enlazados en el bar.



Figura. 4.14 Punto de Acceso en el Edificio de la MED.

En estas estaciones se propone instalar Puntos de Acceso con una altura de 1.5m, referido al nivel de la terraza. No es necesario un espacio físico para la ubicación pues reutilizará los mástiles colocados actualmente como se muestra en la figura 4.15.



Figura. 4.15 Cobertura del AP del Edificio Central

El lugar seleccionado facilitará el acceso las 24 horas del día los 365 días de año en cualquier horario.

4.7 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA DE CLIENTES

Generalmente cuando se habla de redes inalámbricas, si duda alguna se tiene que hablar sobre el requerimiento de cobertura de los usuarios los cuales están siendo adecuados para el sistema. Por tal motivo, analizando estos datos de cobertura y su penetración se puede afirmar que la estimación de la demanda de clientes es un tema clave a considerarse.

Motivar la demanda y superar las barreras, de conocimiento y de utilidad que al día de hoy limitan esta demanda es sin duda un gran desafío. Se pretende que

los nuevos servicios y la optimización de la WLAN del campus intente que los usuarios civiles, militares y personal administrativo, realicen sus actividades usuales y de desarrollo mas fácilmente o en su defecto mas eficientemente y de ahí resida el valor y la percepción de utilidad.

Así, cuando se estima la demanda debe discurrirse no solo si el nivel conseguido es el adecuado sino también si la rapidez de crecimiento es la correcta.

En la valoración de estos aspectos, en los apartados subsecuentes se presentan y analizan los períodos de asimilación de una red optimizada por parte de los clientes inalámbricos del campus así como la influencia de los inhibidores y catalizadores para esta demanda.

La correcta definición de la estimación de la demanda de clientes WLAN de la Escuela Politécnica del Ejército en un tiempo determinado, tiene una significativa relevancia en la evaluación de la factibilidad de actualización e implementación del proyecto en un corto o mediano plazo. La demanda del servicio inalámbrico que brinda la ESPE ha sido establecida en función de la evolución de la tecnología inalámbrica en el Ecuador y en la estimación aproximada de clientes con dispositivos inalámbricos que están en capacidad de adquirirlos, en vista del abaratamiento de precios en lo que respecta a tecnología.

En las tablas 4.3 y 4.4 se muestra la cantidad de estudiantes matriculados para el ares de la MED y para presencial respectivamente.

Tabla. 4.3. Número de estudiantes MED

cod_facultad	num_con_mat	abr_facultad
CAD	3418	C.ADMINIST.
SID	2147	IDIOMAS
ITD	1337	ITED
CED	1097	CC.EE.
LIN	271	LINGUISTICA
Total	8270	

Tabla. 4.4. Número de estudiantes Presencial

cod_facultad	num_con_mat	abr_facultad
CAC	709	COMERCIA-.NUEVA
SIS	675	SISTEMAS
IAS	625	IASA
CAF	540	FINANZAS
ELE	441	ELECTRONICA
MEC	418	MECANICA
DEE	383	ELEC-ELECT
BIO	358	BIOTECNOLOGIA
CAM	325	MERCADOTECNIA
BME	312	B. MECANICA
BEL	208	B. ELECT. (ANT)
CIV	205	CIVIL
IA2	186	IASA2
GEO	171	GEOGRAFICA
BMC	168	B. MECATRONICA
BBT	164	B.BIOTECNOLOGIA
BSI	147	B. SISTEMAS
EDR	146	E. FISICA
BCO	138	B. COMERCIAL
CEE	117	C. EDUCACION
CSI	116	CEN. SISTEMAS
CCE	98	CEN.C. EXTERIOR
BFA	95	B. FINANZAS
CMP	85	CEN. MARKETING
CFB	81	CEN. FINANZAS
BMK	70	B.MERCADOTECNIA
BCI	69	B. CIVIL
BGE	55	B. GEOGRAFICA
ING	46	INGLES
Total	7151	

Con estos datos se puede apreciar el número real de estudiantes que actualmente están matriculados. A continuación en la tabla 4.5 se presenta datos de la tendencia de evolución de clientes con dispositivos inalámbricos que se conectan a la red WLAN del campus.

Tabla. 4.5. Tendencia de evolución de clientes presencial con dispositivos inalámbricos

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<i>Cantidad de Estudiantes</i>	6802	6941	7060	7151	7231	7305	7365	7412
<i>Cantidad de Equipos Inalámbricos</i>	680	1041	1412	2860	3977	4748	5524	7264
<i>% Crecimiento Estudiantes</i>		2.04%	1.71%	1.29%	1.12%	1.02%	0.82%	0.64%
<i>Densidad(dispos/100 estudiantes)</i>	10%	15%	20%	40%	55%	65%	75%	98%

De acuerdo con estos datos, se observa que en la actualidad el número de clientes inalámbricos es de 3977 lo que quiere decir que un alto porcentaje de los estudiantes posee un dispositivo con estas características.

En la figura 4.14 subsiguiente se muestra una curva de la tendencia con respecto a la densidad y una estimación hacia el 2010.

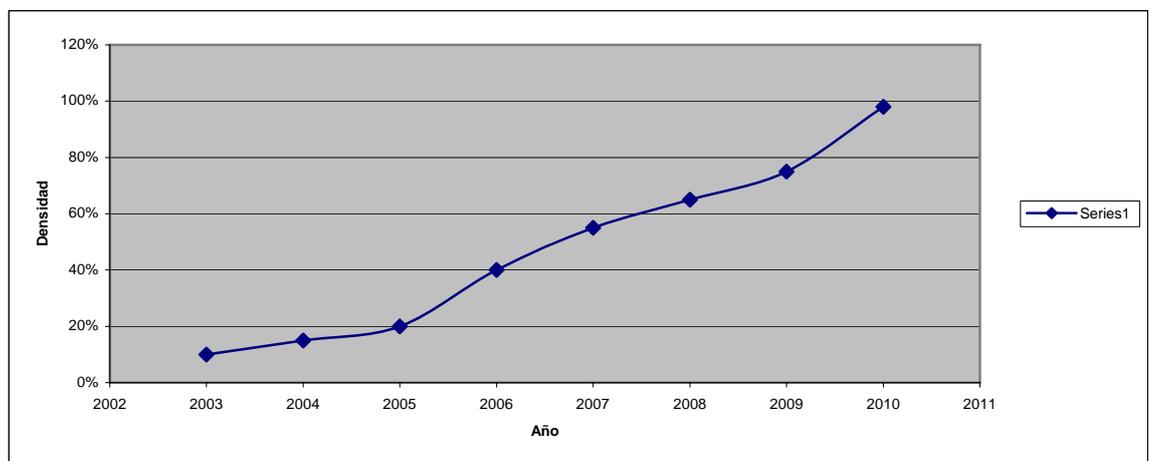


Figura. 4.14. Tendencia de evolución de clientes con dispositivos inalámbricos

Luego, es interesante observar que el crecimiento de la densidad para el 2010 es casi completo, esta evidencia no hace sino corroborar el avance tecnológico de la TI en el Ecuador y el uso de dispositivos inalámbricos en el campus.

Desde el punto de vista de la demanda de ancho de banda disponible en el campus, en la figura 4.15 se muestra la comparación mensual con respecto al ancho de banda usado es cada uno de los meses del año 2006.

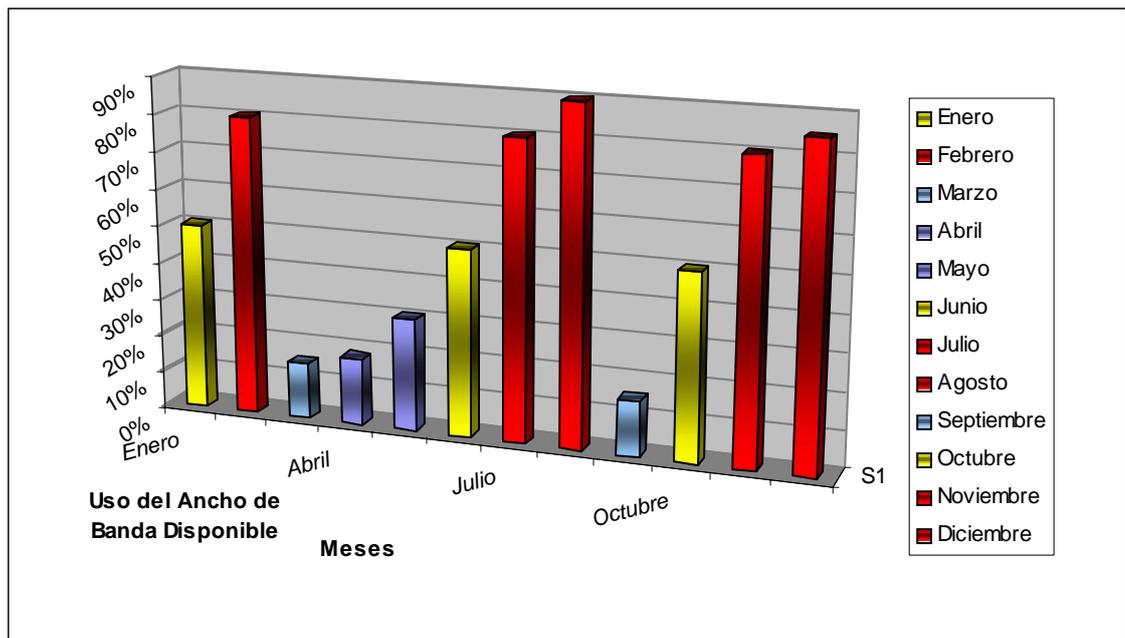


Figura. 4.15. Comparación mensual con respecto al ancho de banda usado

Es interesante destacar que los meses en los cuales existe mayor demanda, son aquellos en los cuales existen exámenes de MED y en la temporada de cierre del período académico.

En base a estas conclusiones, se define los siguientes parámetros para el proyecto de inversión:

Evolución de la demanda de usuarios inalámbricos en el campus.

- Cantidad de Usuarios inalámbricos actuales potenciales: 3977 usuarios
- Cantidad de Usuarios inalámbricos actuales reales: 2054 usuarios distribuidos en el campus
- Crecimiento de Usuarios inalámbricos del campus:

Año 2004 2.04% por año

Año 2005 1.71% por año

Año 2006 1.29% por año

Año 2007 1.12% por año

Año 2008 1.02% por año

Año 2009 0.82% por año

Año 2010 0.64% por año

4.8 ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA RED

El desafío en las seguridades de las redes inalámbricas es proteger a la red de cualquier intruso que se encuentre dentro de un rango de 100 metros, para lo cual esta debe ser capaz de asegurar la conexión con la red de trabajo correcta y que las acreditaciones de los usuarios puedan intercambiarse con seguridad.

Así, los datos deben poder transmitirse con seguridad a través de la utilización apropiada de llaves de encriptación.

Dentro de los peligros que puede acarrear este tipo de intromisión están:

- Denegación de servicios (DoS)
- Daño o robo de equipos
- Accesos no autorizados y robo de información.
- Uso de Internet e inserción de códigos dañinos
- Phishing

Las ESPE demanda para el caso de su optimización de la red, niveles de seguridad mucho mayores para sus sistemas con el fin de tener mayor cobertura, sin tener que preocuparse de la intromisión de personas ajenas a la Escuela.

Para esto se debe proteger la información con confidencialidad, integridad, autenticidad y disponibilidad.

- Autenticación. En donde el objetivo es proveer un servicio de seguridad verificando la identidad de los clientes inalámbricos. Proveer un control de acceso a la red denegando el acceso a clientes que no puedan ser autenticados apropiadamente teniendo como una afirmación “Solo las personas autorizadas tendrán acceso a la red”.
- Confidencialidad ó privacidad. Con el fin de prevenir ataques y acceso a información privada tomando la afirmación “Solo personal autorizado tiene acceso a estos datos”.
- Integridad. El fin es asegurar que los mensajes no sean modificados al transmitirse entre los clientes inalámbricos y los puntos de acceso con la pregunta “El dato entrante a una red confiable – ¿ha sido forzado?”.

Para facilitar las seguridades inalámbricas la IEEE ha ratificado la 802.11i basados en un estándar multifabricante, implementando una encriptación mucho mayor y fuerte, además de una autenticación que permita un roaming rápido entre puntos de acceso.

Este estándar abarca los protocolos 802.11X, TKIP (Protocolo de llaves integras -Seguras -Temporales) y AES (Estándar de Cifrado Avanzado) que es un mecanismo de encriptación simétrica de 128 bits.

Como se ha mencionado antes, el protocolo WEP hace dos años y mejorado con WPA, ha logrado avances significativos en lo que ha seguridad y encriptación se refiere.

802.11i posee un mejoramiento del algoritmo WEP. Pero además cabe recalcar que en este esfuerzo de mejorar la seguridad, existen varios algoritmos como el DES y 3DES.

Los equipos actualmente operando en la Escuela Politécnica del Ejército y en especial los puntos de acceso tienen características de administración en las cuales en lo que respecta a seguridad, se puede configurar para que esta funcione con 40 y 128 bits encriptación WEP, filtrado MAC y con WPA. Los beneficios de esta última son abaratar costos e incrementar la seguridad existente en los sistemas actuales sin necesidad de infraestructura adicional o modificaciones estructurales, para los operadores de red. Con respecto a los usuarios incrementa los beneficios rápidos y seguros que demandan valor y funcionalidad en sus terminales inalámbricos.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO Y DE FACTIBILIDAD

5.1 VALORES ACTUALES

Para el correcto análisis y optimización de un proyecto se debe desarrollar y determinar los costos de implementación, es uno de los pasos finales pero no el menos importante pues un buen proyecto no solamente se planifica con el fin de encontrar la mejor solución que cumpla todos los requerimientos técnicos sino que además se debe encontrar la mejor solución económica que cumpla las expectativas administrativas.

En el siguiente capítulo se analizará los gastos operativos y capitalizables los valores actuales y valores futuros en lo que se requiere a la adquisición y/o actualización de hardware y software. De esta manera se realizará un comparativo costo/beneficio.

Finalmente se realizará una recomendación de la mejor opción considerando los aspectos antes mencionados.

Debemos de recordar que el término "Inalámbrico" que ya de por si es nuevo, puede usarse para incentivar a un usuario, que al saber que no depende de cables

para trabajar, puede incrementar su productividad. Con los últimos productos de WLAN que operan con ondas de radio esto es más sencillo.

Para una solución inalámbrica en una LAN es el punto de acceso, el dispositivo que establece la conexión entre los adaptadores inalámbricos y la red alambrada. Se revisaron puntos de acceso de los mismos fabricantes de marca TRANZEO WIRELESS TECHNOLOGIES INC. Modelo TR-6000 para conectar a la WLAN de la Escuela Politécnica del Ejército. Este ofrece 2 conectores de Ethernet 10/100 base T (RJ-45) para la interconexión de equipos. Basado en el estándar de la IEEE 802.11 b y tasa de transmisión de 11Mbps.

La frecuencia de operación de 2.4 GHz es común en los dispositivos trabajando bajo este estándar y este no es la excepción. También ofrece tres modos de operación y puede ser utilizado como punto de acceso, como CPE y operar como modo punto a punto. Además puede ser configurado remotamente y tiene varios tipos de seguridad configurables como WEP, filtrado MAC y WPA.

Dejando aparte la conveniencia, se deben de considerar ciertos detalles como: el costo, el rendimiento y la facilidad de uso.

Hace tiempo, los puntos de acceso de radio costaban un promedio de US\$2,500.00 y los adaptadores costaban unos US\$1.000, con velocidades máximas 1.5 Mbps. Hoy, los puntos de acceso cuestan desde US\$350 y los adaptadores están alrededor de US\$100, con velocidades potenciales de hasta 54 Mbps. La velocidad es probablemente el cambio más dramático. La red inalámbrica que se evaluó resultó casi tolerable cuando se carga los programas de la red.

Aunque los sistemas inalámbricos no son tan veloces si son fáciles de instalar. Usando los puntos de acceso o los adaptadores inalámbricos que se instalan en un servidor, los usuarios pueden comunicarse con las redes alambradas existentes.

Todos los AP mostraron resultados normales con respecto a sus capacidades, de 35 mts a más de 50 mts sin perder conexión en la prueba de distancia en interiores.

Los equipos analizados utilizan la técnica para la distribución de la señal en el espectro DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) y utiliza modulación con forma de onda CCK (*Complimentary Code Keying*).

Como ya se menciona, estos equipos ofrecen seguridad, elemento importante en la conectividad inalámbrica. Según las pruebas realizadas se puede considerar que los productos que usan la secuencia directa resultaron mejores en rendimiento y distancia.

Al diseñar la red inalámbrica que deba cubrir un área grande, se tienen que instalar tantos puntos de acceso, de tal forma que las áreas de cobertura se superpongan una con otra para eliminar cualquier zona muerta. Algunos fabricantes de adaptadores inalámbricos ofrecen programas diagnósticos que le permiten probar la fortaleza y la calidad de la señal de radio entre una PC portátil y un punto de acceso. Estas utilerías son buenas no solamente para la colocación de las antenas o puntos de acceso, sino que ayudan a diagnosticar los adaptadores que tengan problemas.

Antes de empezar el análisis de costos se debe definir claramente las diferencias entre costos capitalizables (CAPEX) y costos operativos (OPEX).

CAPEX (“*Capital Expenditures*”).

El monto asignado al CAPEX se usa para adquirir o mejorar recursos en un periodo, dichos recursos tienen una vida útil relativamente larga como son las propiedades o equipos. De estos recursos se espera tener beneficios a medio o largo plazo.

OPEX (“*Operating Expenditures*”).

Los Gastos operativos (OPEX) se dan por compras de género o servicios que se utilizan para la operación diaria de una empresa. Estos recursos generalmente se consumen en un periodo de tiempo muy corto. Son la cantidad que se paga por el mantenimiento del recurso adquirido con CAPEX o el costo de hacer negocio, excluyendo depreciación. Las ganancias totales se encuentran, luego de que estos gastos son deducidos.

Considerando los resultados obtenidos en el capítulo IV, en el cual se define todo lo necesario en infraestructura y equipamiento de radio frecuencia se realizará un análisis de costos.

Costos Capitalizables.

A en el anexo A2 se detallan los costos de CAPEX, los cuales se incurren en la implementación.

Así pues se tomaron en consideración los siguientes sitios:

Especificaciones generales.

Sitios.

Esquema de elementos y costos

Tabla. 5.1. Información general de los sitios preliminares

Nombre	Sigla	Ubicación
<i>Estación 1.1</i>	PSG	Edificio de Posgrados.
<i>Estación 1.2</i>	CTL	Edificio Central.
<i>Estación 1.3</i>	MED	Edificio de la MED
<i>Estación 1.4</i>	CLE	Coliseo
<i>Estación 1.5</i>	ELE	Facultad de Ingeniería Electrónica.
<i>Estación 1.6</i>	BAR	BAR
<i>Estación 1.7</i>	BTC	Biblioteca

5.2 VALORES FUTUROS

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO(\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Punto de acceso	7	337	2639
Antena	7	97	669

Uno de los problemas más importantes en el análisis económico y factibilidad es la proyección de valores futuros. Pero se debe tener en cuenta en todo momento que no se puede predecir el futuro, mas se puede analizar el pasado, esperar que el modelo persista y en base a ello, realizar las estimaciones de valores futuros mediante una proyección hacia adelante del modelo generador de las observaciones.

Cuando los valores representan alguna variable económica, la importancia práctica de la proyección es evidente, siendo necesario proyectar valores futuros para modelizar la toma de decisiones, se propone la utilización de modelos estocásticos por sobre los deterministas con valores promedio. El promedio es aplicable en el largo plazo y en la repetitividad. Para la operatividad diaria, se debe administrar el concepto de DESVIOS.

Si durante el horizonte de planeamiento (por ejemplo 5 años) los desvíos se netean, el proyecto habrá obtenido la utilidad promedio, pero quizás no logre subsistir dentro de los cinco años por desvíos negativos no superados. Análogamente al pronóstico metereológico, la contabilidad de gestión también pronostica, debiendo el decidor optar en función del rango de probabilidades y no de valores únicos supuestamente ciertos, aún conociendo que pueden existir cambios a futuro que no se puedan prever y que cambien significativamente el resultado. [31]

El cálculo de valores futuros presupone la utilización de criterios de estimación. Se sugiere realizar como mínimo tres series de estimaciones: Valores extremos optimistas, valores extremos pesimistas y valores centrales utilizando la esperanza matemática. [32]

La selección de la metodología para la implementación de pronóstico correcta siempre ha sido un asunto importante de planificación y control para la mayoría de las empresas lucrativas y no lucrativas, firmas y agencias.

Con frecuencia, el bienestar financiero de toda la operación depende de la exactitud del pronóstico dado que dicha información será utilizada para tomar decisiones de presupuesto y de operación en áreas tales como gerencia de personal, compras, publicidad y mercadeo, financiamiento de capitales, etc. Por ejemplo, cualquier error de ventas realizada por arriba o por debajo del valor estimado podría generar problemas de costos de acumulación inventarios para la firma o perdidas en ingresos por desabastecimiento anticipado de inventarios. [32]

[31] www.libdigi.unicamp.br/document/?view=61

[32] www.doaj.org/doi/func=abstract&id=195421&recNo=1&toc=1

[32] www.doaj.org/doi/func=abstract&id=195421&recNo=1&toc=1

Cuando la demanda es relativamente estable, es decir, invariable o a una tasa creciente o decreciente constante, hacer un pronóstico mas preciso es menos complicado. Si por lo contrario la empresa presenta información histórica de alzas y bajas en los patrones de venta, la complejidad del trabajo de pronóstico es mucho mas complicado.

Existen dos aproximaciones básicas de pronóstico. La estimación de un valor futuro está basada en análisis de factores que, como se cree, influirán en valores futuros, es decir, el método explicativo o de predicción está basada en un estudio inferido de los comportamientos pasados de los datos, lo que desconocido como el método de extrapolación.

Es posible que ambos acercamientos conduzcan a la creación de pronósticos exactos y útiles, pero se debe recordar que, hasta para un grado modesto de exactitud deseada, el método anterior es a menudo más difícil de validar y poner en práctica que el último.

Así pues se considera un modelo económico y una técnica especial en donde se analiza los Numero Índices que es aquel que mide el valor de una serie de tiempo en un período de tiempo (normalmente como porcentaje) con respecto a un período base. Más aun se uso los denominados Índices Compuestos en donde se consideró el costo total de hardware y materiales para la optimización de la red WLAN de la Escuela Politécnica del Ejército, como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla. 5.2. Información de índices compuestos

	Unidades Necesitadas	Año 2005		Año 2006		Año 2007		Año 2008	
		Costo por Unidad	Total	Costo por Unidad	Total	Costo por Unidad	Total	Costo por Unidad	Total
Preliminares y accesorios	7	750	5250	790	5530	720	5040	720	5040
Puntos de Acceso	7	300	2100	337	2359	554	3878	600	4200
Antenas	7	90	630	97	679	97	679	97	679
Total			7980		8568		9597		9919

De la información obtenida en la tabla anterior, el índice para los años consecutivos son $7980/7980= 1$, $8568/7980 = 1.07$, $9597/8568=1.12$, $9919/8568=1.03$ respectivamente. En vez de calcular el índice para cada año utilizando el año base, se podrían presentar los resultados graficando los índices con respecto al tiempo como una serie de tiempo para propósitos de pronóstico.

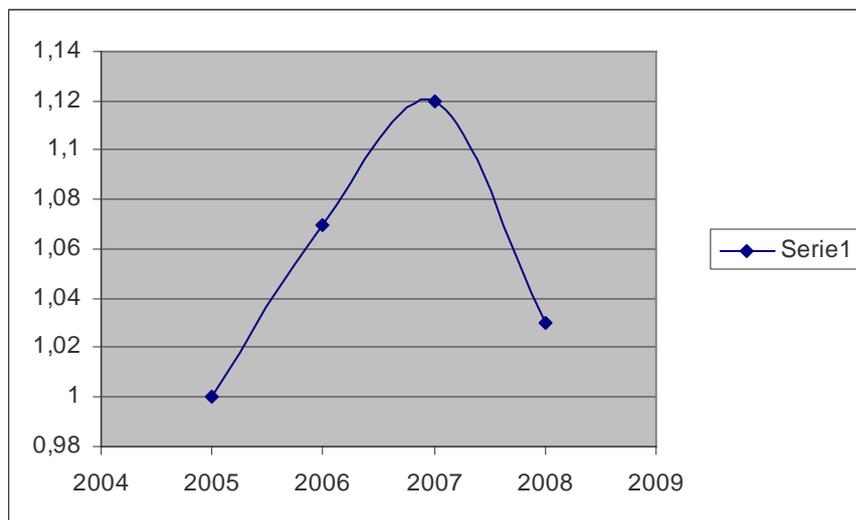


Figura. 5.1. Gráfico de los índices con respecto al tiempo

Entonces con la figura se puede observar que los valores futuros en los años subsiguientes decaerán. Esto se debe a que la tecnología permite abaratar los precios y mejorar la calidad en lo que se refiere a ancho de banda y administración de la red. [33]

5.3 RENTABILIDAD

Introducción.

La rentabilidad se define como "el resultado del proceso productivo" o la retribución a los sacrificios por arriesgar una inversión en un negocio. Si este resultado es positivo, la empresa obtiene una utilidad y ha cumplido su objetivo. Por el contrario si el resultado es negativo, el producto o servicio en cuestión está dando pérdida por lo que es necesario revisar las estrategias y en caso de que no se pueda implementar ningún correctivo, el producto o el servicio debe ser discontinuado o descartado.

“Este retorno en la inversión se puede medir en forma de tasa a los efectos de comparación entre los requerimientos y la realidad proyectada. Una empresa hace dinero y por ende es rentable, satisfaciendo las necesidades de sus consumidores mejor que la competencia. La experiencia de las empresas orientadas a la calidad es que, un producto de calidad superior y con integridad en los negocios, las utilidades, la participación de mercado y el crecimiento vendrá por añadidura”. [34]

El presente es una investigación de ciertos tópicos básicos para determinar la rentabilidad en el área de mercadeo de una empresa sin fines de lucro como la Escuela Politécnica del Ejército.

Por tal motivo su rentabilidad no se verá reflejada en una ganancia que se pueda ver como es lógico, si no más bien en que la utilidad obtenida sea reutilizada y su rentabilidad será idealmente cero.

Por lo general cuando se compran productos costosos se comparan las características de rendimiento de las diferentes marcas y se paga más por un mejor funcionamiento siempre y cuando el aumento de precio no exceda el valor percibido más alto, en pocas palabras lo que se busca la mejor relación precio valor.

En principio todos los productos se ubican en uno de los cuatro niveles de rendimiento: bajo, promedio, alto y superior. Así, se puede afirmar que una mayor calidad relativa y un mayor rendimiento recuperará la inversión.

Un ejemplo de esto, en una muestra de 525 negocios de tamaño mediano los que tenían productos de baja calidad ganaban el 17%; los de calidad media 20%, y los de alta calidad, el 27%. Así los negocios de alta calidad ganaban el 60% más que los negocios de calidad más baja, ya que la mejor calidad les permitía cobrar un precio más alto, o bien lograr mayor renovación de compras, así como la constancia y recomendación de los propios clientes, por lo que el costo de esta mejora en la calidad no era mucho mayor que el de las empresas que producían una calidad más baja. Al mismo tiempo esto no significa que la empresa deba proponerse lograr la más alta calidad posible, pero si debe elegir el nivel más apropiado de rendimiento para el mercado y el posicionamiento de la competencia, es decir el mejor equilibrio entre la calidad y la rentabilidad que se desea obtener.

Si bien la Escuela Politécnica del Ejército es una entidad sin fines de lucro, la calidad de los servicios brindados no debe decaer, por el contrario al tener mejores servicios con una buena calidad y un buen rendimiento, exigirá que las utilidades percibidas complementen al buen servicio y tener teóricamente una rentabilidad neutra.

Otro aspecto importante dentro del rendimiento consiste en conservar la calidad del servicio, mejoras continuas en los servicios prestados es una política de la entidad politécnica.

Así, la Escuela debe utilizar por lo menos una o todas de las estrategias para determinar su política de calidad que determinará su rentabilidad:

- Cumplimiento de las especificaciones. El grado en que el diseño y las características de la operación se acercan a la norma deseada. Sobre este punto se han desarrollado muchas formulas de control: Sello Norven de calidad, normas ISO 9.000, ISO 14.000, etc.
- Durabilidad. Es la medida de la vida operativa del producto. Por ejemplo, la red inalámbrica dará un servicio óptimo durante los próximos cinco años sin necesidad de cambios de hardware.
- Seguridad de Uso. La garantía del fabricante de que el producto funcionará bien y sin fallas por un tiempo determinado. Tranzeo wireless Technologies da una garantía de 1 año, demostrando su confianza en la calidad de manufactura.

Existen 9 factores primordiales que influyen en la rentabilidad:

- Intensidad de la inversión
- Productividad
- Participación de Mercado
- Tasa de crecimiento del mercado
- Calidad de producto/servicio
- Desarrollo de nuevos productos o diferenciación de los competidores.
- Integración vertical
- Costos operativos
- Esfuerzo sobre dichos factores

En el caso de las empresas privadas, la meta principal son las utilidades; en el caso de las organizaciones públicas y no lucrativas, es sobrevivir y captar los fondos suficientes para desempeñar bien sus funciones. Ahora bien, la clave no es lograr utilidades como primer fin, sino lograrlas como consecuencia de haber realizado un buen trabajo. Así, una empresa hace dinero satisfaciendo las necesidades de sus clientes mejor que la competencia".

Existen muchas estrategias y actividades que se pueden implementar para la reducción de costos, entonces la idea es que los estudiantes y personal administrativo y militar tenga un mejor servicio sin tener que afectar su economía, mas como no es barato implementar una red inalámbrica y menos aun de ultima tecnología es , pero solo analizaremos algunas.

- *Respuesta Eficiente al Consumidor.* Su idea principal es eliminar costos no productivos y compartir ahorros con el consumidor, esta estrategia conducen a mejoras logísticas y comerciales, las cuales emplean en las logísticas prácticas de reaprovisionamiento y en las comerciales introducen la Gerencia de categorías.

Esto conduce a un ahorro y para el caso de la ESPE, a introducción de nuevos productos requiere de información que permita evaluar la aceptación por parte de los usuarios, un factor que se destaca de esta estrategia es que el resultado es de mayor rentabilidad dado que las decisiones de compra se derivan de un análisis detallado de la demanda.

Los resultados de la Estrategia de Respuesta Eficiente al Consumidor en el mundo se han expresado en incrementos en las ventas, aumentos de inversión, reducción de inventarios, reducción de precios, reducción de costos operativos los cuales varían por categorías y canales de distribución, pero significativo es que para cada caso se obtuvo una importante oportunidad de reducción en diferentes aspectos.

En conclusión, la aplicación de estas estrategias de reducción de costos, permiten a las empresas ser más ágiles en la toma de decisiones en cuanto a problemas de mercado, reducir significativamente sus costos, dar un mejor servicio al cliente, entre otras. Todo sustentado en las nuevas tecnologías computarizadas y de manejos de información.

Pronosticar es proyectar las experiencias del pasado hacia el futuro. Proyectar es: organizar las mejores conjeturas acerca del futuro. Pronosticar o proyectar, no significa saber lo que pasará en el futuro sino estimar los que sucederá si las cosas van de tal o cual manera.

Según lo analizado se deberá incurrir en un ajuste de matriculas en un pequeño porcentaje con el fin de adquirir nuevos equipos con nueva tecnología y ahorrando en gastos innecesarios por la Escuela, dando como respuesta una rentabilidad nula.

Esto involucra a personal Civil, Militar y administrativo pues todos deben arrimar el hombro con el fin de tener mejores tecnologías en el campus facilitando la operabilidad de la red inalámbrica.

Análisis de Costo/ Beneficio: La Cantidad Económica.

El análisis de costo beneficio es un proceso para encontrar buenas respuestas a las preguntas siguientes: Dada una evaluación de costos y beneficios realizada por un gerente, ¿Cuál sería la opción recomendada? El análisis de costo beneficio envuelve los siguientes pasos generales:

- Especificar una lista de todos los cursos de acción posibles.

- Asignar un valor (positivo o negativo) para los resultados de cada acción a tomar, y calcular la probabilidad de cada resultado.
- Calcular el resultado esperado para cada acción o procedimiento. Tomar el procedimiento que proporcione el mejor resultado esperado.

Aplicación de la Determinación de la Cantidad Económica.

El análisis de costo beneficio es normalmente utilizado en economía para las estrategias óptimas de producción. Los costos son la preocupación principal porque cada unidad adicional que se agrega al total incrementa los mismos. Luego de comenzar la producción y por lo tanto los costos asociados, el costo marginal de producir una unidad adicional es constante o incrementa en proporción al incremento de las unidades producidas. Cada unidad de producto adicional tiende a costar tanto o más que la unidad anterior. En cierto punto, el costo adicional de una unidad extra de producto sobrepasará los beneficios adicionales.

La mejor estrategia puede ser encontrada mediante el uso de un diagrama, mediante el cual se plotean los valores de costos y beneficios en el eje horizontal y eligiendo el punto donde la distancia entre ambos es mayor, así como es mostrado en la figura siguiente:

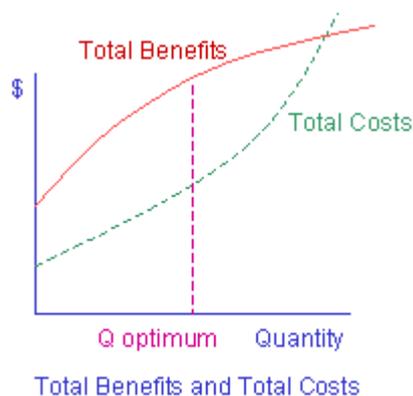


Figura. 5.2. Gráfico de los índices con respecto al tiempo

Para el caso concreto de la Escuela Politécnica del Ejército según la Tabla 5.3:

Tabla. 5.3. Información valores costo/beneficio

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Cantidad de Estudiantes	6802	6941	7060	7151	7231	7305	7365	7412
1 dolar por estudiante	6802	6941	7060	7151	7231	7305	7365	7412
Total de valor a pagar por la ESPE			920	1417	2366	2614	2035	1038
Costos parcial de los equipos a adquirirse			1140	1224	1371	1417	1343	1207
Costos Total de los equipos a adquirirse			7980	8568	9597	9919	9400	8450

Se concluye lo siguiente:

El valor a pagar por los estudiantes en el rubro de la matricula semestral es de 0.50 centavos de dólar lo que corresponde a 1 dólar anual y pertenece al 80% del valor total de los equipos a adquirirse.

La Escuela Politécnica del Ejército contribuirá con el restante, correspondiente al 20 % del valor total de los equipos nueva tecnología.

Por lo tanto los equipos se pagan conjuntamente en un año con la contribución anteriormente mencionada.

Cabe mencionar que para el 2010 y según el estudio de demanda realizado en el presente proyecto, el 98% de los estudiantes tendrán un dispositivo móvil que utilice la red inalámbrica (*laptop*'s, *PDA*'s, etc.), por lo que es indispensable que seamos los encargados de actualizar y optimizar la red con la contribución sugerida.

Se debe notar que, "ganancias netas" están definidas como (beneficios - costos), no existen por tener una rentabilidad de cero; por lo tanto, la curva del total de costos, será adjunta al total de beneficios por lo tanto es una estrategia optima pues el costo intercepta a los beneficios en toda la curva de la figura 5.2.

Valores Actuales:

Hardware

ITEM	EQUIPO	UNIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD	MARCA	MODELO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1,01	Wireless	u	Preliminares	7	-	-	\$ 200,00	\$ 200,00
1,02		u	Punto de acceso	7	<i>Tranzeo Wireless Technologies Inc.</i>	TR-6000	\$ 377,00	\$ 2.639,00
1,03		u	Antena	7	<i>SURGE</i>	SA24-90-9	\$ 97,00	\$ 679,00
1,04		u	Switch de Borde	7	<i>3COM</i>	4250	\$ 1.000,00	\$ 7.000,00
2,01	Eléctrico	u	Sistema de puesta a tierra	-	-	-	\$ 300,00	\$ -
2,02		u	Sistema de alarmas	7	-	-	\$ -	\$ -
2,03		u	Acometida	7	-	-	\$ 40,00	\$ 280,00

Precio parcial instalación del AP y accesorios

\$ 1,224.00

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En la actualidad el uso de estándares, normas y reglamentos para el uso, adquisición de equipos y nuevas tecnologías es un factor preponderante e imprescindible. En este punto la Escuela Politécnica del Ejército debe estar a la par de la nueva tecnología estándares y demás con el fin de satisfacer las necesidades del personal en general del campus politécnico. Por tal motivo es importante desarrollar un proyecto que satisfaga estas necesidades.

El presente estudio muestra una solución a la demanda de tráfico presentada a lo largo del campus de la Escuela Politécnica del Ejército así como, el control, monitoreo y administración de la red inalámbrica basado en nuevos estándares como IEEE 802.11v y el protocolo IETF CAPWAP, optimizando la WLAN y brindando mejor cobertura y garantizando mayor calidad de servicio.

Conseguir una cobertura del 100% con buenos niveles de señal a lo largo del campus es complicado y poco factible, de los análisis actuales de la red inalámbrica

estudiados en el capítulo II se concluye que la WLAN del campus posee niveles de señales aceptables pero no suficientes para implantar los nuevos estándares que se analizan en el presente proyecto además de que en algunos lugares no se tiene señal y es imposible conectarse. Por tal motivo la red necesita optimizarse mejorarse y actualizarse.

Con la ayuda de un software especializado en monitoreo de capacidades inalámbricas (Wirelessmon), se pudo analizar el porcentaje de cobertura, realizando un *site survey* del campus, obteniendo datos importantes para el presente estudio. Los niveles de señal que fluctúan entre los -52 dBs y los -89 dBs, la potencia del transmisor de 255mw y el uso del canal 1 para la comunicación, fueron entre otros los datos obtenidos. Con estos parámetros se concluye que la red inalámbrica posee niveles de señal aceptables pero no suficientes para el correcto desempeño de los usuarios de dicha red.

Mediante una visita de campo se pudo determinar las ubicaciones de los Puntos de Acceso a lo largo de campus concluyendo que se encuentran estratégicamente y por lo cual sus posiciones para la optimización deben ser las mismas por varios motivos:

- 1.- Por la cobertura que abarcarán
- 2.- Por la reutilización de energía y cableado existente.

El presente diseño está orientado a generar un ahorro en la inversión y la reutilización de las ubicaciones ayudarán a este ahorro significativo pues como se analizó en el Capítulo II, la conectividad entre los puntos de acceso y la red, es de primera con el uso de fibra óptica y equipos 3Com para la conmutación, con lo que solo es necesario actualizar o en su defecto adquirir nuevos puntos de acceso y ubicarlos en su posición actual.

El objetivo primordial de los estándares analizados es facilitar el intercambio de clientes con dispositivos inalámbricos entre varios puntos de acceso y como

consecuencia balancear las cargas. Esto se logra teniendo una red WLAN inteligente desde cierto punto de vista, con *switches wireless* con esta capacidad. Hoy en día es muy común encontrar la red inalámbrica altamente congestionadas sobretodo en periodos de exámenes con un tráfico de red excesivo y con un sin número de clientes conectados a un solo punto de acceso. Este problema se radicará o por lo menos se minimizará con cualquiera de los dos protocolos en su defecto el que más sea utilizado a corto plazo.

Se debe proteger la red inalámbrica de la Escuela Politécnica del Ejército con confidencialidad, integridad, autenticidad y disponibilidad en lo posible ayudados por los algoritmos más actuales como es el caso de WPA o en su defecto pensar en un futuro no lejano, la actualización de métodos de encriptación avanzados por ejemplo WPA2 y equipos operando con la norma IEEE 802.11 x que están siendo estudiados para su posible implantación.

Se debe mejorar la seguridad de la red inalámbrica con el fin de que se pueda dar mayor cobertura sin tener que preocuparse por denegación de servicios (DoS), daño o robo de equipos, accesos no autorizados y robo de información, uso de Internet e inserción de códigos dañinos y/o el phishing.

Ambos estándares 802.11 v y CAPWAP son complementarios entre sí y lo que los diferencia es el modo que avanzan. Así, 802.11 es un estándar parche y esta influenciado por las empresas que comercializan equipos inalámbricos mas CAPWAP, es a su manera un estándar independiente.

Se determinó que las ventajas competitivas de la implementación que determinan el atractivo del sistema a implantar y optimizar son:

- Crecimiento paulatino de usuarios con dispositivos inalámbricos (esencialmente Laptop's).

- Reemplazo de sistemas cableados por sistemas inalámbricos.
- La migración de redes hacia una '*all IP network*',
- Despliegues de acceso a redes no cableadas e incremento de las velocidades de transmisión.

Se concluye que para lograr la optimización de la red actual, se debe basar la modernización en el control de los clientes inalámbricos, selección de red, optimización y recuperación estadística además de monitoreo. Este control envuelve una distribución de clientes con la finalidad de balancear de cargas entre los puntos de acceso. Por tal motivo la adquisición de nuevos equipos o en su defecto actualizaciones logrará que el balanceo de cargas sea transparente al usuario ayudándolos a conectarse a los puntos de acceso con un ancho de banda disponible y considerable.

Se determinó que las frecuencias utilizadas por los nuevos equipos a ser adquiridos o en su defecto la actualización mediante software de los equipos que están trabajando actualmente, tendrán como banda aplicativa la ISM y la frecuencia desde los 2,400 hasta los 2,483.5 MHz, por tal motivo la reutilización de frecuencias es imprescindible y necesaria para la optimización de la red inalámbrica, mas si se piensa cubrir una gran parte del campus, entonces se requiere utilizar varios canales.

Estimando la demanda de clientes se puede observar que en el año 2010, se tendrá una evolución de tecnología y una capacidad de crecimiento de la densidad de computadores personales en un 100% por lo que es importante en la medida posible, actualizar la red con los nuevos protocolos y estándares a fin de suplir la demanda de clientes en un mediano plazo.

Para el correcto análisis y optimización de un proyecto se debe desarrollar y determinar los costos de implementación, es uno de los pasos finales pero no el menos importante pues un buen proyecto no solamente se planifica con el fin de

encontrar la mejor solución que cumpla todos los requerimientos técnicos sino que además se debe encontrar la mejor solución económica que cumpla las expectativas administrativas. Para el caso se concluye que la rentabilidad del negocio para la Escuela Politécnica del Ejército es nula, mas se cumple con el objetivo de afianzar una rentabilidad cero a una institución sin fines de lucro.

6.2 RECOMENDACIONES

Los equipos que operan actualmente como Puntos de Acceso trabajan bajo el estándar IEEE 802.11b, lo que significa que la tasa de transmisión máxima es de 11 Mbps, para mejorar esta tasa se recomienda trabajar con equipos que estén bajo el estándar IEEE 802.11g que mejore significativamente esta tasa de transmisión y logre actualizar la red hacia nuevos estándares.

Con respecto a las seguridades de la red inalámbrica, no se encuentra habilitada los algoritmos de encriptación como WEP o WAP en los puntos de acceso por lo que se recomienda habilitar las estas seguridades y tener resguardada la WLAN de la Escuela por posibles problemas de intrusión de personas no autorizadas a dicha red.

Cabe mencionar que en Europa, existe un estándar que se basa en una serie de nuevas tecnologías del las LAN inalámbricas "HiperLAN" y que debe considerarse en un diseño futuro pues sus tasas de transmisión son considerablemente aceptables y sus métodos para brindar seguridad a la red es su prioridad. Por tal motivo es importante analizar la factibilidad de implementar el estándar Europeo en el campus de la Escuela Politécnica del Ejército.

Se recomienda utilizar antenas del tipo omnidireccionales para tener mayor control de la cobertura en las dependencia y las aulas así como el uso de

repetidores si fuere el caso que ayuden a cubrir una mayor área sin perder conexión.

Se recomienda confirmar que todos los elementos que conforman el diseño de red sean gestionables remotamente desde el centro de operaciones en este caso desde el departamento del TIC's.

Se puede implementar repetidores independientemente de la tecnología que se utilice, ya que los conceptos básicos para el diseño e implementación son los mismos. Aislamiento, sensibilidad, ganancia, definición de vecindades y una correcta configuración de los canales hacer utilizados deben considerarse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STEWART S. Millar, *Seguridades en WI-FI*.

NATHAN J Muller, *The Nex Revolution in Telecommunications*.

RANDALL K. Nichols y PANOS C. Lekkas, *Seguridades para comunicaciones inalámbricas*.

REID Neil y SEIDE Ron, *802.11(WI-FI) Manual de Redes Inalámbricas*.
www.intel.com/ebusiness/wireless.

CUÉLLAR RUIZ Jaime, *Redes Inalámbricas. Estándares y mecanismos de seguridad*, www.enterate.unam.mx/Articulos/2004/agosto/redes.htm, Agosto de 2004, Noviembre 2006.

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE/National Institute of Standards and Technology, www.csrc.nist.gov/publications/fips/fips46-3/fips46-3.pdf, Octubre 1999, Noviembre 2006.

LARSON Dylan y QI Emily, *Un enfoque flexible para mejorar el funcionamiento de las redes inalámbricas*,
www.intel.com/espanol/technology/magazine/archive/2004/mar/wi02043.pdf, Enero 2007.

TABACMAN Eduardo ,
www.comunidadmovil.com.co/media/eduardo_tabacman_2006_1.pdf, 2004, febrero 2007.

Basagni, S., Conti, M., Giordano S., .Stojmenovic, I., "Using Directional Antennas for Medium Access Control in Ad hoc Networks" in Proceedings of ACM MOBICOM, Atlanta, Georgia, (Set. 2002),
www.bibliotecna.upc.es/PFC/arxiu/migrats/40798-2.pdf, Diciembre 2006.

Data Encryption Standard, www.en.wikipedia.org/wiki/Data_Encryption_Standard

www.es.wikipedia.org/wiki/PoE, marzo 2007, Marzo 2007.

Architecture Taxonomy for Control and Provisioning of Wireless Access Points (CAPWAP), www.ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4118.pdf, Diciembre 2006.

Motorola, *Manual de Usuario*, www.vip.net.id/macan/300SSManual_E.pdf, Diciembre 2006.

www.ietfreport.isoc.org/rfc/PDF/rfc4118.pdf#search=%22Rfc4118.pdf%22, Enero 2007.

www.governmentsecurity.org/archive/t11352.html, Enero 2007.

www.it.uniovi.es/material/telecomunicacion/rstr/Tema5.pdf, Enero 2007.

www.cs.utsa.edu/~korkmaz/teaching/cs6543/ppt-wn/C07-Wireless_LANs.ppt, Diciembre 2006.

www.ucaribe.edu.mx/archivos/freyes/IT0103/cbxc_lans.pdf, Diciembre 2006.

www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm, Febrero 2007.

www.wi-cn.com/hiperlan_2.htm, Enero 2007.

www.tranzeo.com/products/radios/TR-6000-Series, Enero 2007.

www.pacwireless.com, Diciembre 2006.

www.empretel.com.mx/orinoco/antenas.htm, Febrero 2007.

www.3com.com, Diciembre 2006.

www.support.3com.com/infodeli/tools/switches/4200/duf1730-0aaa01.pdf, Diciembre 2006.

www.networkworld.com/news/tech/2004/0329techupdate.html, Febrero 2007.

www.becta.org.uk/technews, Diciembre 2006

www.ietf.org/ietf/1wg-charters.txt, Diciembre 2006.

www.networkworld.com/news/tech/2005/103105techupdate.html, Febrero 2007.

www.faqs.org/ftp/rfc/pdf/rfc3990.txt.pdf, Diciembre 2006.

www.gestiopolis.com/delta/term/TER279.html, Febrero 2007.

www.emagister.com/wi-fi-redes-inalambricas-cursos-2333506.htm, Febrero 2007.

www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_de_sistemas/redesinalambricas/default2.asp, Diciembre 2006

www.libdigi.unicamp.br/document/?view=61, Febrero 2007.

www.doaj.org/doaj?func=abstract&id=195421&recNo=1&toc=1, Noviembre 2006.

www.home.ubalt.edu/ntsbarsh/stat-data/Forecasts.htm#rg2introduction, Noviembre 2006.

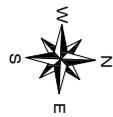
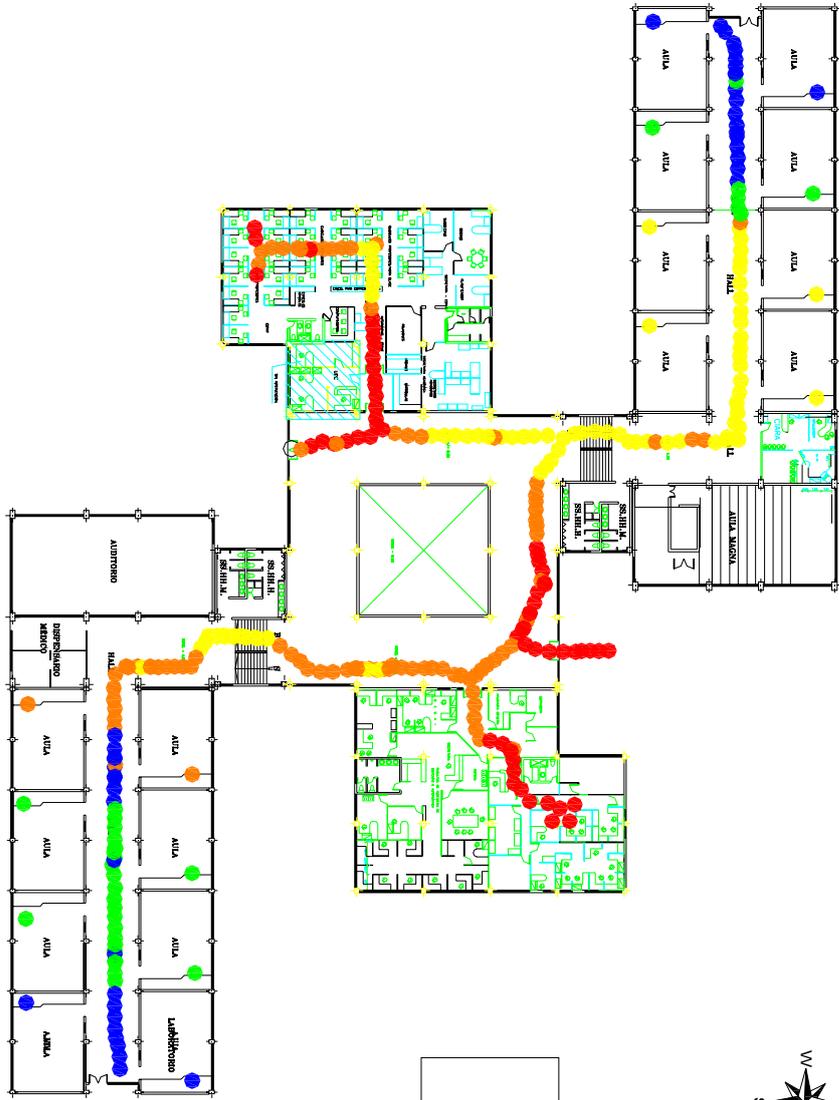
www.libdigi.unicamp.br/document/?view=61, , Febrero 2007.

www.ietf.org/proceedings/03nov/slides/capwap-1/capwap-1.ppt, Noviembre 2006.

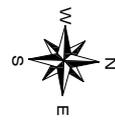
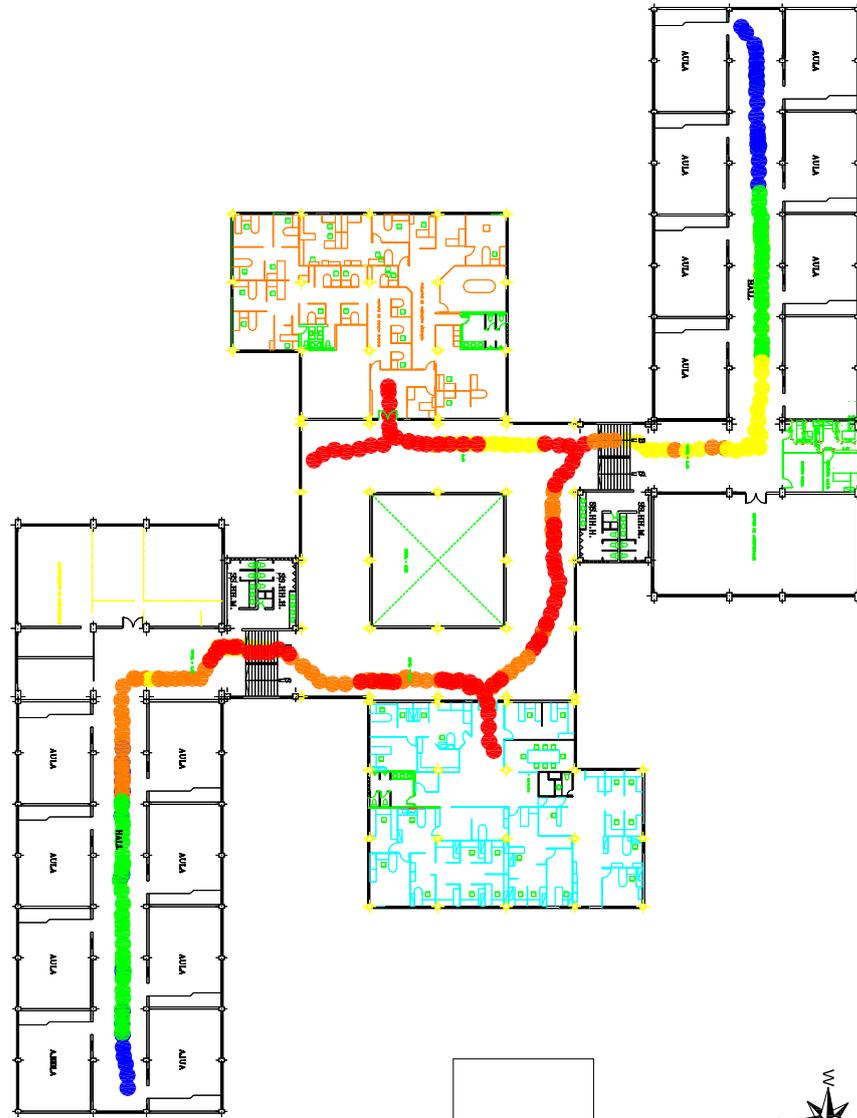
www.3com.com/other/pdfs/infra/corpinfo/en_US/50307201.pdf, Febrero 2007.

ANEXO A1

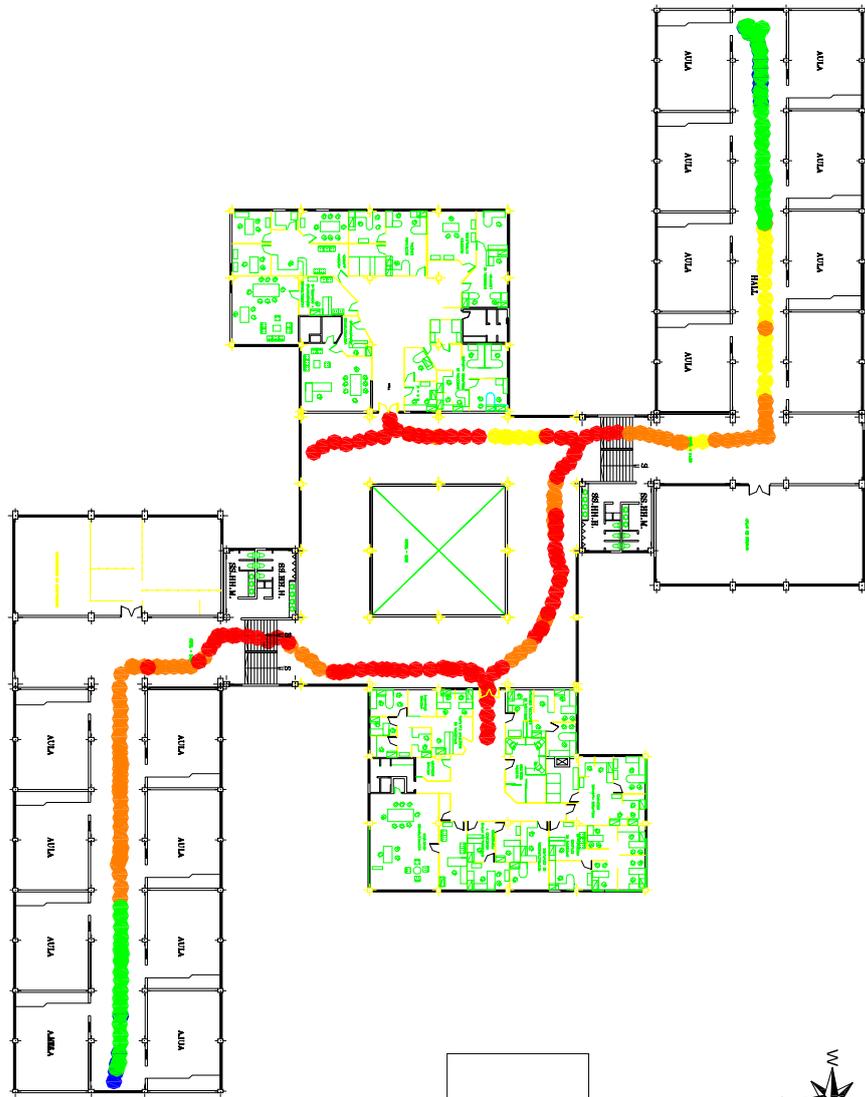
RESULTADOS DEL SITE SURVEY (EDIFICIO CENTRAL)



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA			PROCESO 8007/08/01
		CONTIENE: SITE SURVEY EDIFICIO CENTRAL ESPE			UBICACION 8007/08/01
DIBUJO	DISEÑO	ESPECIALIDAD	GRUPO	LAMINA	FECHA
ALDO LATOR VILLO GARCIA	DANIEL PARRON DE GARCIA	TELECOMUNICACIONES	1180	1	2007
			PROFESOR MXMG	4	

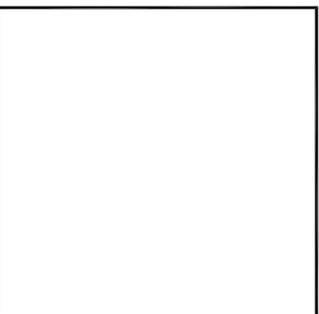


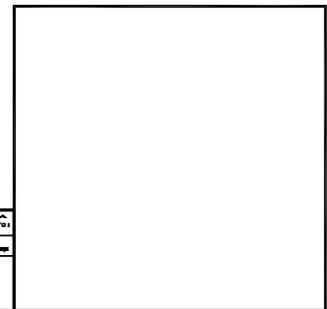
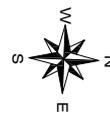
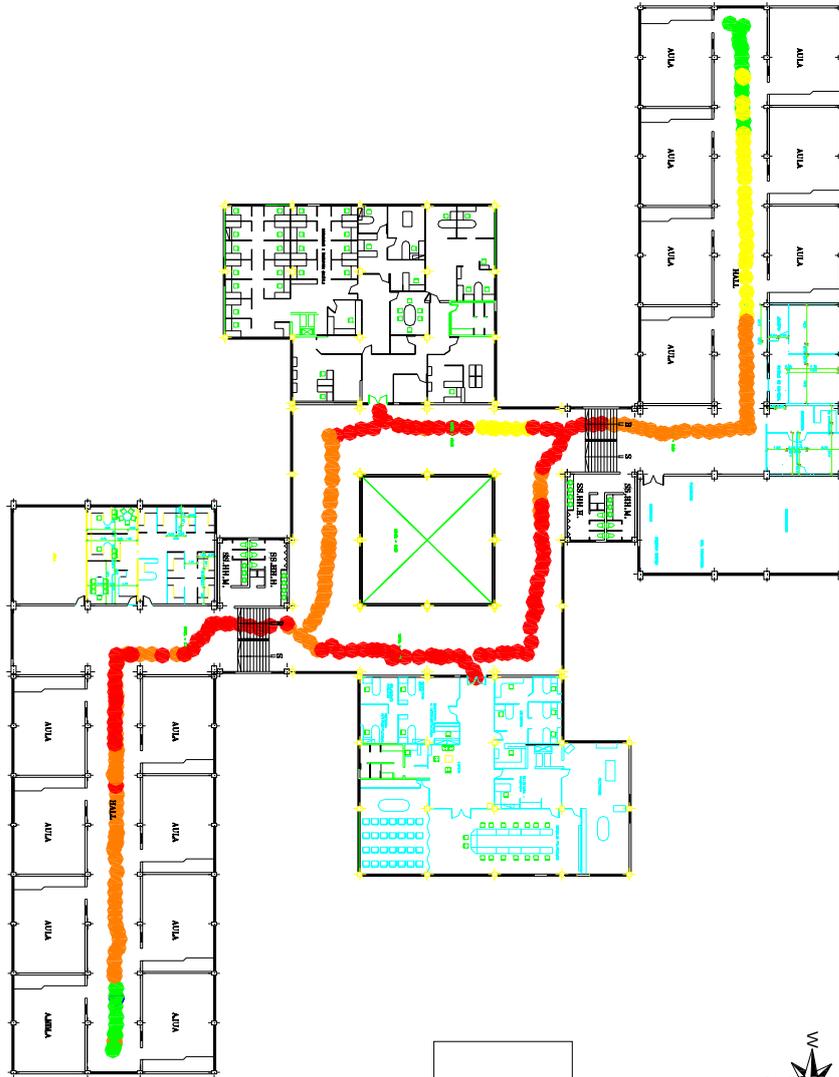
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA		PROYECTO: 1007/08/01	
		CONTIENE: SITE SURVEY EDIFICIO CENTRAL ESPE		UNIVERSIDAD: 2008-2009	
PROYECTO	ESPECIALIDAD	ESPECIALIDAD	ESPECIALIDAD	LAMINA	
1007/08/01	TELECOMUNICACIONES	TELECOMUNICACIONES	TELECOMUNICACIONES	02	
MAURO ZAVIER NIEVO GUERRA	QUEVILA PULGARIN DE OBANDO	TELECOMUNICACIONES	TELECOMUNICACIONES	04	



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA			PROYECTO 2007/08/01	
CONTIENE: SITE SURVEY EDIFICIO CENTRAL ESPE				
DIBUJO	DISEÑO	ESPECIALIDAD	ESCALA	LAMINA
BARCO ALFONSO RIVERA GARCIA	RICARDO PATRICIO DEL CAMPO	TELECOMUNICACIONES	1:1100	3
			FECHA: 2007	DE
				4

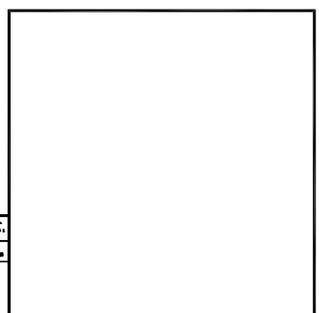
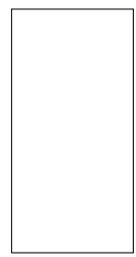
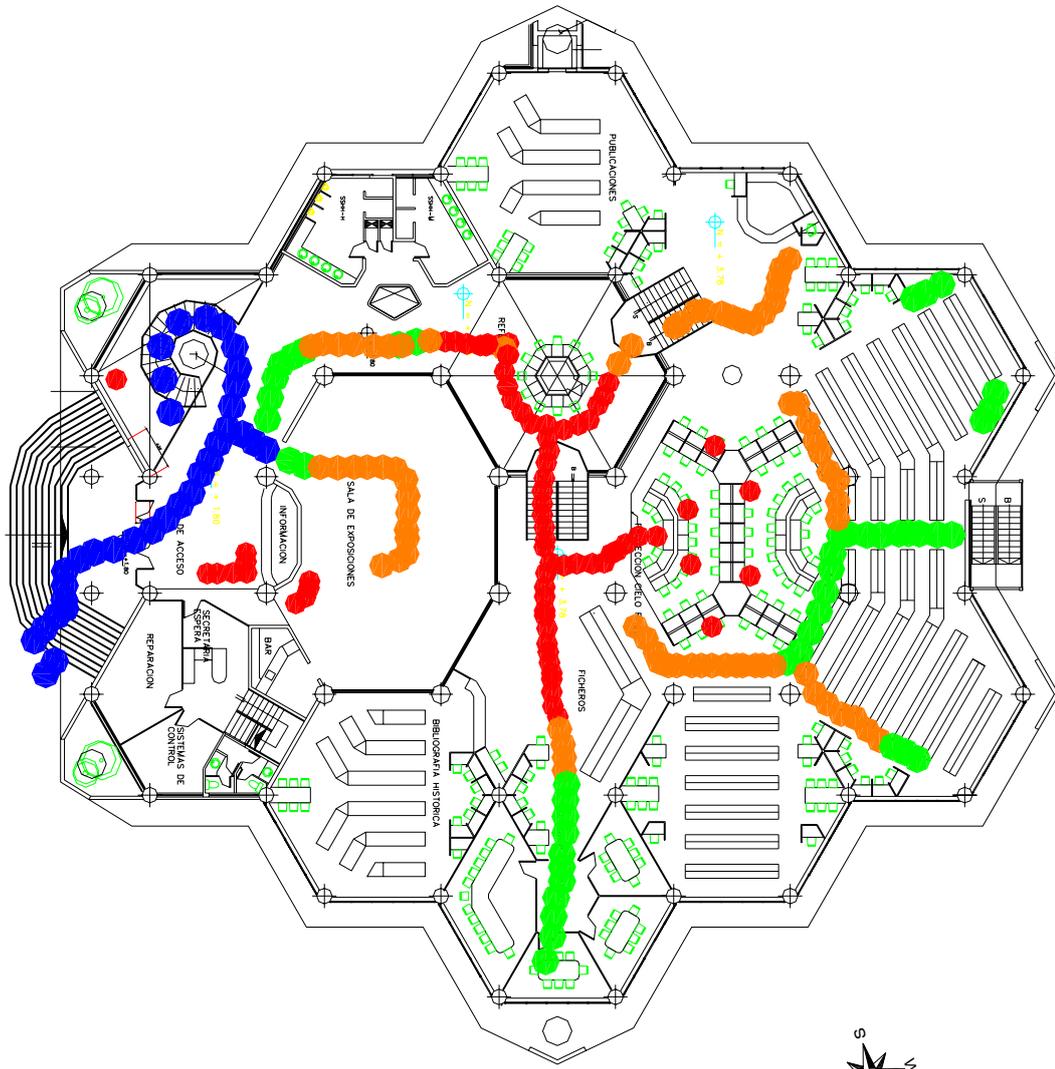




ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA		PROYECTO 0007/08/01	
		CONTIENE: SITE SURVEY EDIFICIO CENTRAL ESPE		AUTOR: ING. JUAN CARLOS GARCÍA	
DIBUJO	DISÑO	ESPECIALIDAD	ESCALA	LAMINA	
BOZO GARCÍA BENÍ GARCÍA	BOZO GARCÍA BENÍ GARCÍA	TELÉCOMUNICACIONES	1:100	4	
				DE	
				4	

ANEXO A2

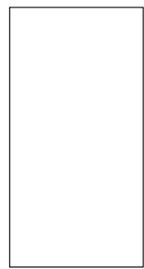
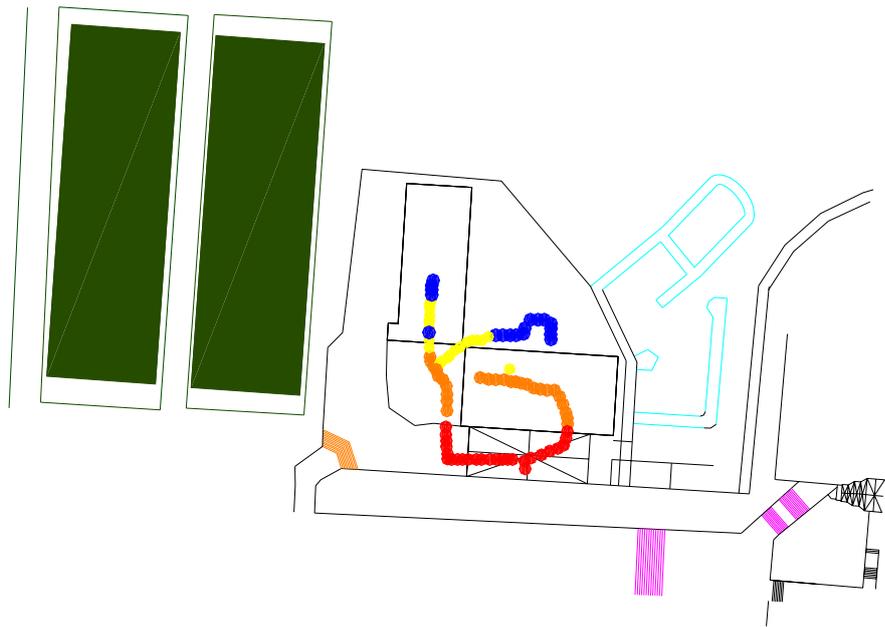
RESULTADOS DEL SITE SURVEY (BIBLIOTECA)



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA		PROYECTO 1009/08/01	
CONTIENE: SITE SURVEY BIBLIOTECA ESPE					
DISEÑO	DIRECTOR	ESPECIALIDAD	ESCALA	LAMINA	
MARCO LOPEZ VERA	WILLY PUERTO EL BARRIO	TELECOMUNICACIONES	1:1000	I	
				II	
				I	

ANEXO A3

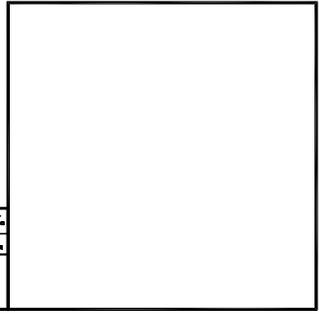
RESULTADOS DEL SITE SURVEY (BAR)



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA			SECCION A
		CONTIENE: SITE SURVEY BAR ESPE			0007/ASA/01
DISEÑO	DISEÑO	ESPECIALIDAD	ESCALA	LAMINA	
ALDO LOPEZ ARBO GARCIA	EMMA VIVERIA EL BERTO	TELECOMUNICACIONES	1:100	1	
				DE	
				1	

ANEXO A4

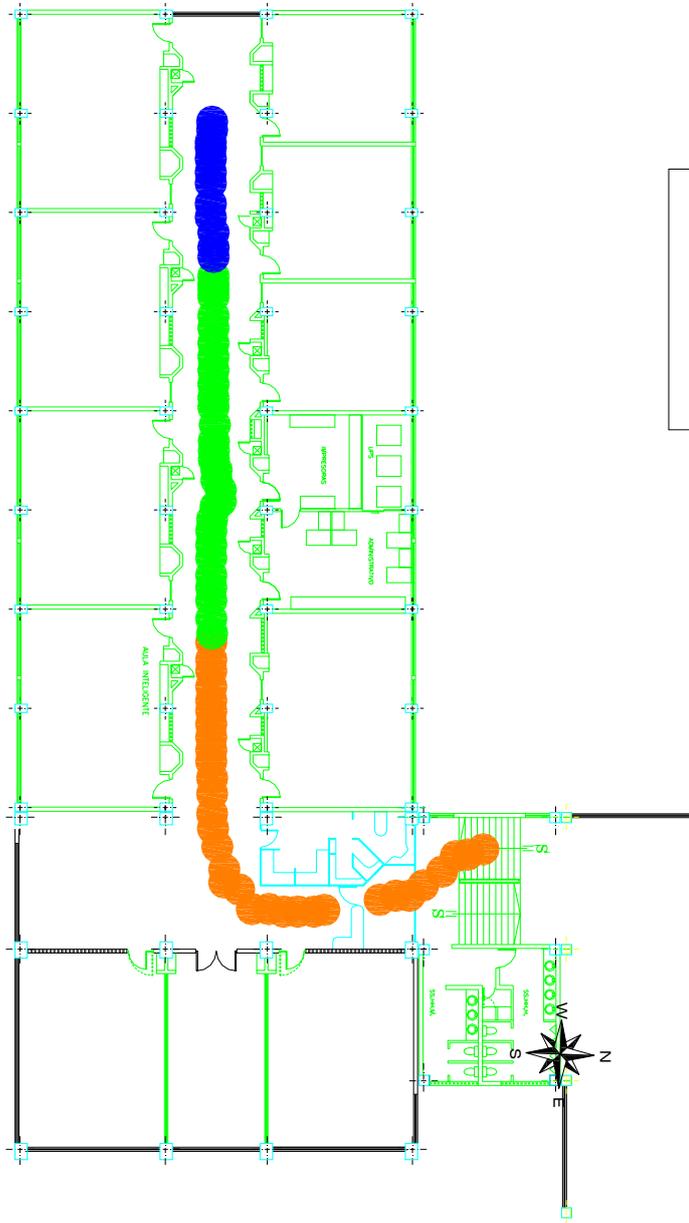
RESULTADOS DEL SITE SURVEY (MED)



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA			FECHA: 11/02/15-02	
CONTIENE: SITE SURVEY AULAS MED ESPE				
DIBUJO	DISEÑO	ESPECIALIDAD	ESCALA: 1:100	LAMINA 1 DE 4
MARCO VALER HERRERA GARCIA	BRUNO PATRICIA DE LOS RIOS	TELECOMUNICACIONES	FECHA DE IMPRESION: 11/02/15	PROYECTO: MCMG

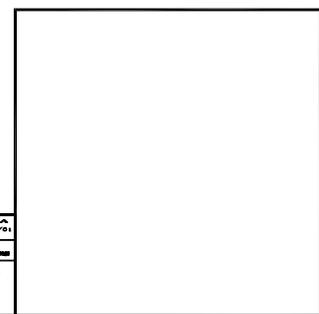
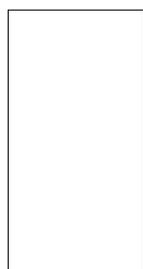
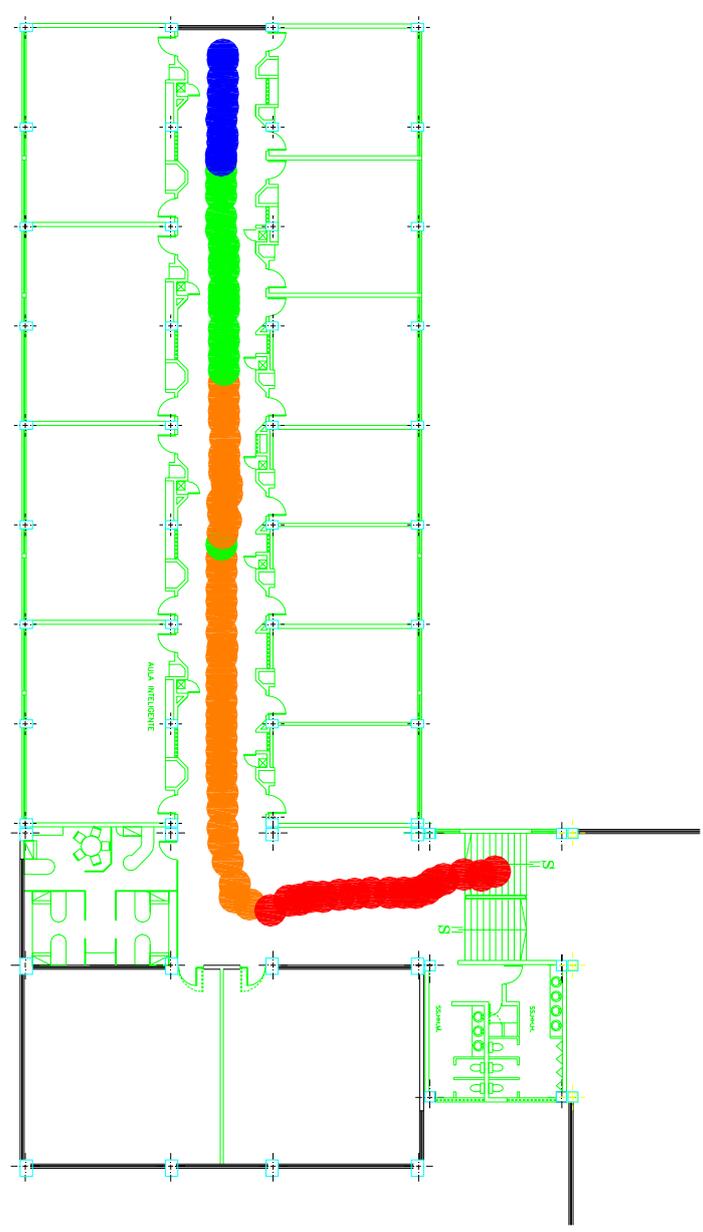
PRIMERA PLANTA ALTA



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO	

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA		PROYECTO 8007/08/01
CONTIENE: SITE SURVEY EDIFICIO AULAS MED ESPE		
DISEÑO	DISEÑO	ESPECIALIDAD
MARCO JAVIER RIVERA GARCÍA	WILLIAM FERRERES DE VILLALBA	TELECOMUNICACIONES
Escala: 1:1000		LÁMINA
FECHA: FEBRERO 2007		2 DE
MEXICO		4

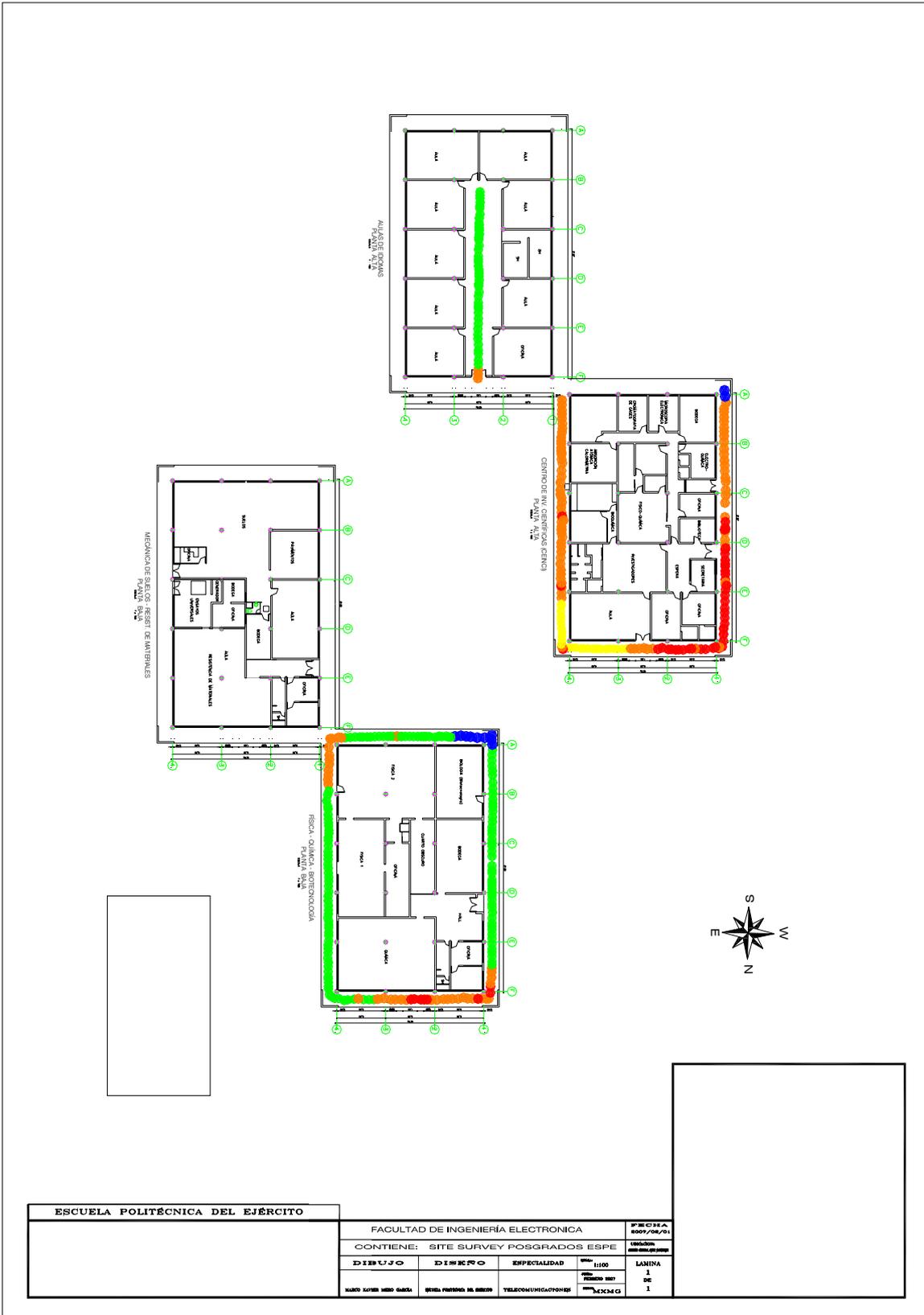
SEGUNDA PLANTA ALTA



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA		DISEÑO DE AULAS MED ESPE	
		CONTIENE: SITE SURVEY AULAS MED ESPE		UNIDAD DE DISEÑO	
DIBUJO	DISEÑO	ESPECIALIDAD	ESCALA	LAMINA	
MARCO ZOTER HERRERA GARCIA	BRUNO PATRICIO DEL BARRIO	TELECOMUNICACIONES	1:100	3	
			PROYECTO 007	02	
			AXM G	4	

ANEXO A5

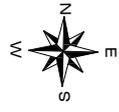
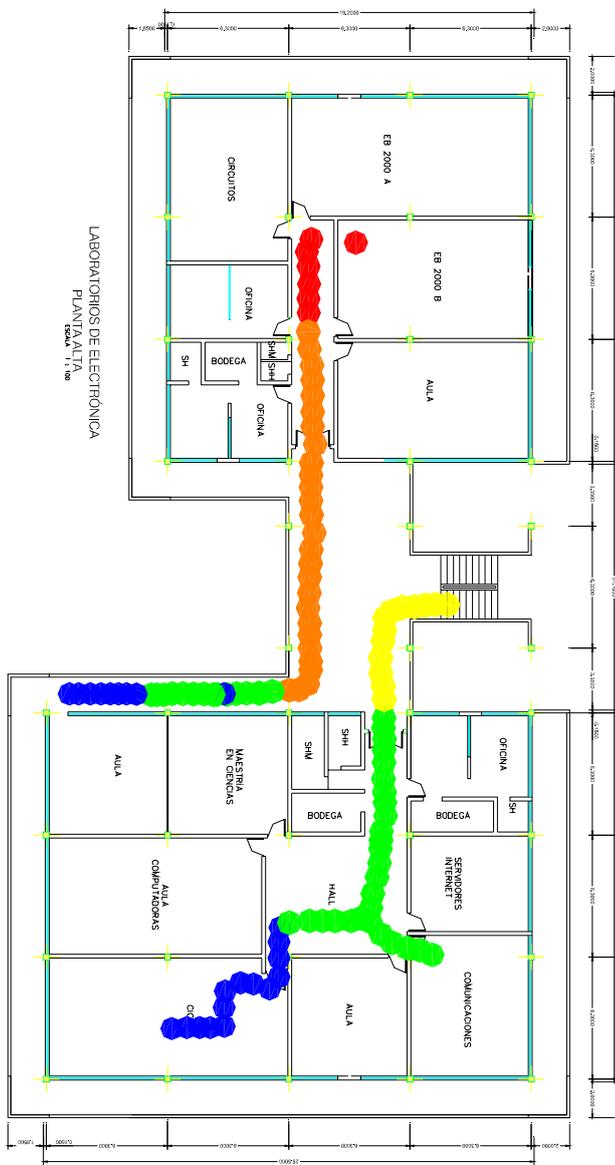
RESULTADOS DEL SITE SURVEY POSGRADOS)



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA		PROCESA <small>8007/06/01</small>
		CONTIENE: SITE SURVEY POSGRADOS ESPE		<small>8007/06/01</small>
DISEÑO	DISEÑO	ESPECIALIDAD	<small>1100</small>	LAMINA 1 DE 1
<small>ALDO GARCIA SANCHEZ</small>	<small>SERGIO PARRON DE BARRIOS</small>	TELECOMUNICACIONES	<small>1100</small>	<small>1 DE 1</small>

ANEXO A6

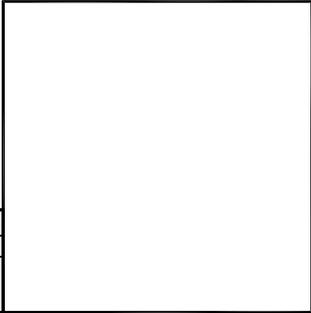
RESULTADOS DEL SITE SURVEY (ELECTRONICA)



LABORATORIOS DE ELECTRONICA
PLANTA ALTA

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRONICA			# DE C.T.E. A BODY/28/01
CONTIENE: SITE SURVEY LABORATORIOS ELECTRONICA ESPE			ENCUADRO: 2000 000 00 0000
DISEÑADOR	ESPECIALIDAD	ESCALA	LAMINA
RAMO ZAVIER BARRERA GARCIA	TELECOMUNICACIONES	1:100	2
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO		FECHA: 2000	DC 2



Sangolquí, 30 de Abril de 2007

AUTOR

Sr. Marco Xavier Mero García

COORDINADOR DE CARRERA

SECRETARIO ACADÉMICO

Ing. Gonzalo Olmedo

Dr. Jorge Carvajal