UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

DISEÑO Y ESTUDIO DE UNA RED WIFI Y SU COBERTURA EN LA MATERNIDAD CONCEPCIÓN PALACIOS

Trabajo Especial de Grado

Presentada ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR: Mario Daniel di Paolo G.

Gabriela Zarinha Giménez M

PROFESOR GUIA: Ing. José Pirrone

FECHA: Septiembre del 2010

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

DISEÑO Y ESTUDIO DE UNA RED WIFI Y SU COBERTURA EN LA MATERNIDAD CONCEPCIÓN PALACIOS

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: _____

I U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: _____	Nombre: _____	Nombre: _____

REALIZADO POR: Mario Daniel di Paolo G.

Gabriela Zarinha Giménez M

PROFESOR GUIA: Ing. José Pirrone

FECHA: Septiembre del 2010

DISEÑO Y ESTUDIO DE UNA RED WIFI Y SU COBERTURA EN LA MATERNIDAD CONCEPCIÓN PALACIOS

RESUMEN

Mario Di Paolo

Gabriela Giménez

Este Trabajo Especial de Grado consiste en el diseño detallado de una red inalámbrica para la Maternidad Concepción Palacios. Para ello, se llevaron a cabo simulaciones de cobertura de los diferentes pisos de la Maternidad, con un *software* de simulación llamado RPS.

Dados los requerimientos del cliente, se realiza el estudio de la propagación de las ondas electromagnéticas asociadas al estándar 802.11n para determinar la ubicación óptima de los puntos de acceso inalámbricos a instalar, y de esta manera brindar una solución cuya relación costo beneficio sea la más idónea a las necesidades y presupuestos de dicho cliente, en nuestro caso la Maternidad Concepción Palacios. Con el uso de programas de simulación, se estudia el comportamiento de las ondas, sus atenuaciones, difracciones y reflexiones, para luego proceder al *Site Survey* y comparar los resultados, así mismo se comprobó el rendimiento y funcionamiento de la red, haciendo uso de dos *software* de simulación, OPNET y CISCO PACKET TRACER y de esta manera realizar ajustes y dar las conclusiones y recomendaciones necesarias.

El resultado final del trabajo contiene un levantamiento planimétrico de cada piso, un estudio del rendimiento de la red, una comprobación de interconectividad entre los dispositivos de la topología de la misma, una infraestructura recomendada con los costos asociados y un plan de implementación para la próxima fase del proyecto.

Se cuenta con el apoyo de las autoridades de la Maternidad Concepción Palacios, el apoyo académico de los profesores de la Universidad Católica Andrés Bello y del Tutor José Pirrone.

Palabras claves: Red, inalámbrica, cobertura, simuladores, *site survey.*

DEDICATORIA

A ustedes, papás, porque son el pilar principal

de nuestras vidas, porque nos enseñaron lo que es el esfuerzo

y la responsabilidad, porque confiaron en nosotros y aquí estamos.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres, por su apoyo, fe, ejemplo y amor, los cuales hicieron que valiera la pena estar aquí y llegar hasta el final.

A nuestro tutor, por su ayuda y esfuerzo, a nuestros profesores por su enseñanza y a nuestros amigos, que día a día nos han acompañado a lo largo de este camino, y sin ellos la universidad no sería la misma.

A todos GRACIAS.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS vii
INDICE DE FIGURAS xiii
INDICE DE TABLAS xvii
INTRODUCCIÓN 1
CAPITULO I 3
I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 3
I.1.1 Descripción del Proyecto 3
I.2 OBJETIVOS 4
I.2.1 Objetivo General 4
I.2.2 Objetivos Específicos 4
I.3 JUSTIFICACIÓN 4
CAPÍTULO II 7
MARCO REFERENCIAL 7
II.1 Redes LAN 8
II.2 Redes WLAN 9
II.2.1 Modo *Peer to Peer* (Punto a Punto) 10
II.2.2 *Access Point o Punto de Acceso (AP)* 10
II.2.3 Antena direccional 10
II.3 IEEE 802 10
II.3.1 IEEE 802.11 12
II.3.2 802.11g 15
II.3.3 802.11 n 15
II.4 WIFI 16
II.5 Ancho de Banda 19
II.6 Site Survey 20
II.7 Estudio RF (Radio Frecuencia) 20
II.7.1 Principios principales de la propagación 21
II.7.1.1 Reflexión 21

II.7.1.2 Difracción 22
II.7.1.3 Dispersión 23
II.7.1.4 Refracción 23
II.7.1.5 Multitrayectos y desvanecimientos 24
II.7.1.6 Pérdida de espacio libre (PEL) 24
II.8 Modelos de Propagación 25
II.8.1 Modelos determinísticos 25
II.8.1.1 Modelo de lanzamiento o trazado de rayos RLM (*Ray Launching/Tracing Model*) 26
II.8.1.2Enfoque del Método de imagen IAM (*Image Approach Method*) 27
II.8.2 Modelos Empíricos 27
II.8.2.1Modelo COST 231 Multi-Wall 27
II.8.2.2 Modelo de pendiente de Pérdidas (*One-Slope*) 28
II.8.2.3Modelo de Keenan-Motley 29
II.9 Antenas 30
II.9.1 Antenas Omnidireccionales 31
II.9.2 Antenas Directivas 32
CAPÍTULO III 33
METODOLOGÍA 33
CAPITULO IV 37
DESARROLLO Y RESULTADOS 37
IV.1 RECOLECCIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE PLANOS 38
IV.2 PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA REALIZACION DE SIMULACIONES EN RPS 38
IV.3 PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA SITE SURVEY 46
IV.3.1 Selección del sitio 46
IV.3.2 Equipos Utilizados y su Configuración 47
IV.3.3 Descripción de la medición 48
IV.3.4 Validación de los Modelos COST 231 MWM y Ray Tracing. 49
IV.1.4 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO EN CADA PISO 53
IV.5 RENDIMIENTO DE LA RED EN LA MATERNIDAD CONCEPCION PALACIOS 58
IV.6 COMPROBACIÓN DEL DISEÑO DE LA TOPOLOGIA DE RED 70

IV.7 ESTRUCTURA Y CABLEADO PARA LA RED WIFI DE LA MATERNIDAD CONCEPCION PALACIOS 75
IV.1.8 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA 75
CAPITULO V 79
CONCLUSIONES 79
RECOMENDACIONES 81
BIBLIOGRAFIA 83
APÉNDICES 87
APÉNDICE A 87
Digitalización de planos 87
Plano Piso 1(Software Autocad) 87
APÉNDICE B 89
Software RPS 89
Ubicación de los puntos de acceso en el sótano 89
Ubicación de los puntos de acceso en el piso 1 90
APÉNDICE C 91
OPNET 91
Enlace *switch1-switch2* 91
Retraso del enlace 91
Tráfico 92
Utilización 93
Enlace switch1-Sotano-PB 93
Retraso del enlace 94
Tráfico 95
ANEXOS 101
Data Sheet Range Booster N650 Nootbook Adapter 101
Datasheet wireless 150 USB Adapter 101
Punto de Acceso CISCO AIRONET 1260 103
CISCO CATALYST 3750 103
Antena para AP CISCO 105

INDICE DE FIGU*RAS*

Figura 1. Esquema Marco Referencial 7
Figura 2 Capas del Modelo OSI según estándar 802.11 13
Figura 3.Estructura de red inalámbrica bajo modo de funcionamiento infraestructura 18
Figura 4. Estructura de red inalámbrica bajo modo de funcionamiento ad hoc 18
Figura 5. Fenómeno de absorción. 21
Figura 6. Fenómeno de reflexión. 22
Figura 7. Fenómeno de difracción 22
Figura 8 Fenómeno de dispersión. 23
Figura 9. Fenómeno de refracción 24
Figura 10 Planos de radiación de una antena dipolo respecto a la isotrópica. 31
Figura 11. Radiación de antena direccional. 32
Figura 12. Radiación de antena *Patch* direccional. 32
Figura 13. Esquema de desarrollo 37
Figura 14 Sótano, Maternidad Concepción Palacios *Sofware Autocad* 40
Figura 15. Piso 6, Maternidad Concepción Palacios Software Home Plan Pro 40
Figura 16. Configuración de Material Pared 41
Figura 17. Configuración Material Puertas 41
Figura 18. Estructura Piso 6. *Software* RPS 42
Figura 19. Configuración de los receptores. *Software* RPS 43
Figura 20. Campo de receptores ubicados sobre el Piso 6. *Software* RPS 43
Figura 21. Configuración del transmisor. *Software* RPS 44
Figura 22. Huella de cobertura resultante de la simulación del piso 6 utilizando RPS 45
Figura 23. Huella de cobertura resultante de la simulación del piso 6 utilizando RPS en 3D 46
Figura 24. Puntos de medición, piso 4. *Software COVERA ZONE* 49
Figura 25. Site Survey, piso 4. *Software COVERA ZONE* 50

Figura 26. Huella de cobertura resultante de la simulación con *Software* RPS, usando del modelo de propagación COST 231 MWM 51

Figura 27. Huella de cobertura resultante de la simulación con *Software* RPS usando el modelo de propagación *RAY TRACING* 51

Figura 28. Gráfico de valores medidos en campaña vs. Resultados de simulación con modelo COST 231 MWM. 52

Figura 29. Gráfico de valores medidos en campaña vs. Resultados de simulación con modelo *RAY TRACING*. 52

Figura 30. Patrón de radiación de una antena direccional del piso 6. *Software* RPS . 54

Figura 31. Configuración de un punto de acceso. Piso 6. *Software* RPS 55

Figura 32. Patrón de radiación de una antena direccional del piso 6. *Software* RPS . 55

Figura 33. Configuración de un punto de acceso. Piso 6. *Software* RPS 56

Figura 34. Área de cobertura. Piso 6. Utilizando la nueva configuración. *Software* RPS 57

Figura 35. Configuración de aplicaciones. *Software* OPNET MODELER..... 60

Figura 36. Configuración del perfil "médicos". *Software* OPNET 60

Figura 37. Configuración del perfil "quirófano". *Software* OPNET 61

Figura 39. Topología usada en OPNET para el rendimiento de la red..... 64

Figura 40. Retraso de los paquetes en segundos en el enlace *switch*1-servidor y servidor-*switch*1 65

Figura 41. Comparación de retraso en segundos entre el enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1* 65

Figura 42. Trafico del enlace switch1-servidor y servidor-switch1 66

Figura 43. Comparación entre el trafico del enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1* 66

Figura 44. Utilización del enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1*..... 67

Figura 45. Comparación entre la utilización del enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1* 67

Figura 47. Tiempo de respuesta de subida y de bajada de las peticiones de correo... 68

Figura 48. Tráfico enviado y recibido correspondiente al servicio correo 69

Figura 49. Comparación entre el tráfico enviado y recibido en el servicio correo..... 69

Figura 50. Topología de red diseñada 70

Figura 51. Configuración del servidor como DHCP server 71
Figura 52. Configuración física de la PC 72
Figura 53. Petición DHCP por parte de una de las PC 73
Figura 54. Ping entre servidor y una PC de la red 74
Figura 55. Ping entre dos PC de la red 74

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Grupos de Trabajo (*Working Groups*) y de Asesores Técnicos (*Technical Advisory Group*) del comité 802. 12

Tabla 2. Modificaciones del estándar 802.11 y sus significados Fuente: Elaboración propia 14

Tabla 3. Velocidades y alcances en ambientes cerrados o al aire libre 15

Tabla 4. Parámetros de propagación de materiales de construcción típicos. 26

Tabla 5 Parámetros empíricos del modelo de pendiente de pérdidas (*One Slope*). 29

Tabla 6. Parámetros de medición 50

Tabla 7. Comparación de sensibilidad entre dos tarjetas inalámbricas 58

Tabla 8. Tabla de costos 77

INTRODUCCIÓN

Cualquier red inalámbrica se basa en la transmisión de datos mediante ondas electromagnéticas; según la capacidad de la red y del tipo de onda utilizada se habla de diferentes redes inalámbricas. Una de ellas es la WIFI, que por sus costos la hacen accesible al grueso de los usuarios en búsqueda de soluciones de conectividad inalámbrica, siendo utilizada a nivel doméstico, en oficinas, en edificaciones, entre otras en donde el alcance de la red es limitado.

La red WIFI nos presenta una serie de ventajas como la movilidad y la posibilidad de dar nuevas soluciones de conectividad, que anteriormente habían sido un reto en las telecomunicaciones, como por ejemplo, en los edificios históricos donde no se permiten nuevos cableados intrusivos, o en lugares amplios como las naves industriales, museos, cafés, bibliotecas, campus universitarios, en donde el cableado es engorroso; en todos estos casos, la red WIFI puede ser una buena alternativa que permite además un acceso a la red rápido y simultáneo. A nivel técnico hay que decir que la seguridad de la red ha evolucionado mucho desde los tiempos de la simple contraseña. Cada vez se disponen de métodos de cifrado más confiables que garantizan la hermeticidad de la red.

Uno de los factores que debe ser estudiado con mucho detenimiento es la ubicación de los puntos de acceso, ya que podría generar fallas en la cobertura y en la intensidad de la señal, que son dos de los factores más adversos que pueden afectar el desempeño de la red, generando pérdidas en la velocidad de transmisión, posibles interferencias destructivas en el espacio, etc. Cada tipo de red inalámbrica tiene sus propias capacidades y limitaciones, por ende el estudio de las necesidades del cliente y la infraestructura en donde será instalada, es el punto de partida de este trabajo, en el cual, se darán las recomendaciones de ubicación de los puntos de acceso inalámbricos a la red, tomando en consideración la infraestructura, los modelos de propagación, el *Site Survey* y el intercambio de información recibida por parte de los futuros usuarios. (Rodríguez, 2008).

El presente Trabajo Especial de Grado abarca 5 capítulos, en los cuales se explicará detenida y detalladamente cada uno de los requerimientos necesarios para el diseño de una

Red WIFI en la Maternidad Concepción Palacios; dicho diseño contemplará una alternativa en la selección de los equipos necesarios para la posterior implementación del sistema.

CAPITULO I

I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1.1 Descripción del Proyecto

En el transcurso de los años, la Maternidad Concepción Palacios se ha caracterizado por ser uno de los principales centros hospitalarios de la capital cuyo objetivo general es la atención integral de la mujer en el área gineco-obstétrica. Además de ser uno de los hospitales para la docencia en el sector salud que aporta conocimientos y experiencia, ofreciéndole las instalaciones y equipos necesarios para el desarrollo de su especialización.

La Maternidad Concepción Palacios cuenta con las instalaciones, servicios, recursos de apoyo y estructuras, entre las que destacan: Salas de Parto, Unidad de Gestoides y Alto Riesgo Obstétrico, Admisión y Sala de Partos Séptica, Servicios de Hospitalización para Patología Médica del Embarazo y para Hipertensión inducida por Embarazo, Servicio de Prenatal, Unidad de Ultrasonido, Servicios de Planificación Familiar y Servicio de Fertilidad y Ginecología, en el cual funcionan las unidades de Patología Mamaria y Laparoscopia.

Actualmente, este centro cuenta con una gran cantidad de equipos médicos necesarios para garantizar una buena atención al paciente; sin embargo, posee una baja interconectividad entre las diferentes dependencias de la edificación.

Con el presente trabajo de grado, se pretende desarrollar el diseño de una topología de red WIFI que abarque todo el edificio, usando tecnología de punta, con lo cual se garantizaría la interconectividad en toda la edificación.

Este proyecto, implantado en el futuro, podría mejorar considerablemente el desarrollo de las actividades medico-administrativas en la Institución, permitiendo por ejemplo el desarrollo de videoconferencias, telemedicina, medicina robótica y manejo único y centralizado de historias médicas, etc.

I.2 OBJETIVOS

I.2.1 Objetivo General

Diseñar una topología de red WIFI que abarque toda la infraestructura de la Maternidad Concepción Palacios, para facilitar la implementación de la telemedicina en ese centro, garantizando así una interconectividad en todo el edificio

I.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estudiar las características y estándares aplicados al diseño de una red WIFI.
- ✓ Realizar el estudio del espacio, en todas las áreas de la maternidad utilizando los planos de dicha institución.
- ✓ Realizar diferentes pruebas y estudios de campo con respecto a la cobertura para optimizar la instalación de ACCESS POINT en cada piso.
- ✓ Estudiar donde es más conveniente realizar el cableado necesario para conectar los ACCESS POINT.
- ✓ Estudiar la manera de configuración de los ACCESS POINT para realizar una conexión más eficiente.
- ✓ Comprobar el desempeño de la red seleccionada con el uso de programas de simulación.
- ✓ Evaluar los costos para la compra e instalación de los equipos necesarios para esta red.

I.3 JUSTIFICACIÓN

La Maternidad Concepción Palacios a lo largo de sus 70 años ha sido uno de los principales centros hospitalarios de la capital. Esta Institución cuenta con diversas instalaciones y gran cantidad de equipos médicos que son necesarios para garantizar una

buena atención al paciente; no obstante, posee una deficiente infraestructura en cuanto a la interconectividad entre los pisos del recinto.

Con este problema de interconectividad se frena indirectamente el desarrollo tecnológico del hospital, tanto en el área médica, como en el área administrativa. Su solución permitiría el desarrollo de diversas actividades como las videoconferencias entre médicos y pasantes, la elaboración de historias médicas centralizadas, la utilización de Internet para otras necesidades inter-hospitalarias, así como la comunicación entre los diferentes departamentos del edificio.

Con el diseño de una red WIFI que abarque la estructura completa de la edificación, se podría lograr la implementación de la Telemedicina, uno de los avances médicos más importantes de la actualidad, con lo que se lograría una mejor atención al paciente y una mejor capacitación del profesional de la medicina.

I.4 LIMITACIONES Y ALCANCES

Este trabajo especial de grado se basa en un modelo de comunicaciones de telemedicina diseñado para la Maternidad Concepción Palacios, que contempla la evaluación de la infraestructura necesaria para la implementación de una red WIFI, así como una estimación de costos de los equipos requeridos para instalar dicha red. Cabe señalar que en el desarrollo del presente diseño se utilizaron análisis y conocimientos teórico-técnicos, sin incluir evaluaciones de ningún aspecto médico, psicológico o social del problema.

La fase de implementación del sistema no se llevará a cabo durante la ejecución del proyecto, quedando a disposición de la Institución para su futura realización.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Todo trabajo de grado hace uso de basamentos teóricos para poder sustentar un proyecto, y de esta manera apoyarse en ellos para llegar al resultado esperado y poder analizarlo de la manera más objetiva. Es por esto que a continuación se presentan una serie de términos y conceptos necesarios para el diseño de una Red _WIFI.

A continuación se mostrará un esquema donde se observará la estructura del marco referencial.

Figura 1. Esquema Marco Referencial

Fuente: Elaboración propia

La comunicación a través de una red es transportada por un medio. El medio proporciona el canal por el cual viaja el mensaje desde el origen hasta el destino. Las redes modernas utilizan principalmente tres tipos de medios para interconectar los dispositivos y proporcionar la ruta por la cual pueden transmitirse los datos. Estos medios son hilos metálicos dentro de los cables, fibras de vidrio y la transmisión inalámbrica.

La codificación de la señal que se debe realizar para que el mensaje sea transmitido es diferente para cada tipo de medio. En los hilos metálicos, los datos se codifican dentro de impulsos eléctricos que coinciden con patrones específicos. Las transmisiones por fibra óptica dependen de pulsos de luz, dentro de los rangos de longitudes de onda de visibles o infrarrojas. En las transmisiones inalámbricas, los patrones de ondas electromagnéticas muestran los distintos valores de bits.

Los diferentes tipos de medios tienen distintas características y beneficios. No todos los medios de red son adecuados para el mismo fin. Los criterios para elegir un medio de red son:

1. La distancia en la cual el medio puede transportar exitosamente una señal.

2. El ambiente en el cual se instalará el medio.

3. La cantidad de datos y la velocidad a la que se deben transmitir.

4. El costo del medio y de la instalación.

Las infraestructuras de red pueden variar en gran medida en términos del tamaño del área cubierta, la cantidad de usuarios conectados, y la cantidad y tipos de servicios disponibles.

II.1 Redes LAN

Una red individual generalmente cubre una única área geográfica y proporciona servicios y aplicaciones a personas dentro de una estructura organizacional común, como una empresa, campus o región. Este tipo de red se denomina Red de Área Local (*LAN*).

El término *LAN* hace referencia a una red local, o a un grupo de redes locales interconectadas, que están bajo el mismo control administrativo. Originalmente, las *LAN* se definían como pequeñas redes que existían en una única ubicación física. A pesar de que las *LAN* pueden ser una única red local instalada en una vivienda u oficina pequeña, la definición de *LAN* ha evolucionado y ahora incluye redes locales interconectadas compuestas por

muchos cientos de *hosts*, instaladas en múltiples edificios y ubicaciones. (CISCO SYSTEMS, INC., 2007-2008)

Una *LAN* por lo general está administrada por una organización única. El control administrativo que rige las políticas de seguridad y control de acceso está implementado en el nivel de red.

II.2 Redes WLAN

Una red *LAN* inalámbrica (*WLAN*) es aquella que hace uso de un medio de transmisión inalámbrico para el intercambio de datos. Hasta hace pocos años, las redes inalámbricas *LAN* eran poco usadas debido a su alto precio, la baja velocidad de transmisión, la existencia de problemas de seguridad y la necesidad de licencias. A medida que estos problemas se han ido solucionando y los asuntos de estandarización solucionados, la popularidad de las *LAN* inalámbricas ha crecido exponencialmente. Las *WLAN* suelen ser utilizadas como complemento de las redes *LAN*, para la interconexión de edificios y creación de redes Ad hoc. (Stallings, 2004)

Las *WLAN* se caracterizan por usar ondas electromagnéticas para llevar la información de un punto a otro sin necesidad de usar un medio físico guiado. En una configuración típica de *WLAN*, los ACCESS POINTs (Puntos de Acceso –*AP*-) conectan la red *LAN* de un lugar fijo mediante cableado normalizado. El punto de acceso recibe la información, la almacena y la transmite por el aire. El *AP* es normalmente colocado en alto, pero podría colocarse en cualquier lugar en que se obtenga la cobertura deseada. El usuario final accede a la red *WLAN* a través de adaptadores en sus computadores

Actualmente existen diversas formas de configuración de *WLAN*, que pueden llegar a ser muy simples o complejas dependiendo de las necesidades del cliente. Entre las más comunes podemos mencionar:

II.2.1 Modo *Peer to Peer* (Punto a Punto)

Consiste en dos computadores equipados con adaptadores de *WLAN*, funcionan como red independiente, y cada cliente sólo tiene acceso a los recursos del otro y no a un servidor central. No requiere administración ni pre configuración.

II.2.2 *Access Point o Punto de Acceso (AP)*

Son dispositivos que actúan como repetidores y permiten la comunicación entre los dispositivos a mayor distancia. Se conectan a la red cableada y permite al usuario la utilización de los recursos del servidor. Pueden servir a varios usuarios simultáneamente según las características del equipo. En lugares amplios se pueden utilizar varios AP para lograr la cobertura deseada.

II.2.3 Antena direccional

Si se desea una *WLAN* a larga distancia, la solución sería instalar antenas con línea de visión directa, una de las antenas debe estar conectada a la red cableada usando un AP, y la otra de nuevo conectada al punto de acceso pero sin necesidad de cableado.

Las *WLAN* están definidas bajo los estándares 802.11 en sus diversas versiones (a/b/g/n), cada cual con sus características y mejorías, que utilizan la banda de 2,4-2,5GHz. Para cada banda existen 11 canales de servicio para configurarse de acuerdo a necesidades particulares. Debido a que los canales seguidos se solapan y producen interferencias por su ancho de banda, se deben dejar 5 canales de espaciamiento en los *AP* que solapen sus coberturas para evitar interferencias.

II.3 IEEE 802

El IEEE es el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) que se encarga de ayudar al desarrollo de las tecnologías en áreas como la de las telecomunicaciones, computación, electrónica, entre otras. Este instituto ha desarrollado estándares que han sido seguidos por los fabricantes de componentes electrónicos y de otras áreas, a la hora de diseñar y elaborar sus productos de manera de asegurar interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes.

802 refiere a la familia de estándares de la *IEEE* destinados al manejo y desarrollos sobre redes *LAN* y metropolitanas. Específicamente, sus estándares son únicamente aplicables a redes cuyos paquetes son de tamaño variable.

En febrero de 1980 se formó en el *IEEE* un comité de redes locales con la intención de estandarizar un sistema de 1 o 2 Mbps, que básicamente era *ETHERNET* (el de la época). Existían para la fecha una gran cantidad de firmas propietarias de redes de computadores, pero por estrategias de negocios y buscando la mayor rentabilidad económica, las empresas las desarrollaban sin compatibilidad con ninguna ya existente, así buscaban asegurar al cliente prometiendo ventajas sobre otras alternativas (ej. *Token Ring* de *IBM*). El número 802 fue designado como analogía a la fecha de la reunión. (Stallings, 2004).

Los servicios y protocolos especificados en el *IEEE* 802 refieren y dan forma al nivel físico, de enlace y superiores. Dividieron el nivel de enlace en dos subniveles: el de enlace lógico, encargado de la lógica de reenvíos, control de flujo y comprobación de errores, y el subnivel de acceso al medio, encargado de arbitrar los conflictos de acceso simultáneo a la red por parte de las estaciones. (Tanenbaum, 2003).

En la tabla 1 se observarán los diferentes estándares del 802.

802.1	*High Level Interface (HILI) Working Group*
802.3	*CSMA/CD (ETHERNET) Working Group*
802.11	*Wireless LAN (WLAN) Working Group*
802.15	*Wireless Personal Area Network (WPAN) Working Group*
802.16	*Broadband Wireless ACCESS (BWA) Working Group*
802.17	*Resilient Packet Ring (RPR) Working Group*
802.18	*Radio Regulatory Technical Advisory Group*
802.19	*Coexistence Technical Advisory Group*

802.20	*Mobile Broadband Wireless ACCESS Working Group*
802.21	*Media Independent Handover Working Group*
802.22	*Wireless Regional Area Networks Working Group*

Tabla 1. Grupos de Trabajo (*Working Groups*) y de Asesores Técnicos (*Technical Advisory Group*) del comité 802.

Fuente: (IEEE, 2009)

II.3.1 IEEE 802.11

Entre los estándares existentes está el 802.11 que se basa en conexiones de redes inalámbricas. Este establece las características de los componentes, las velocidades de transmisión, las distancias de alcance, etc., necesarios para constituir una red inalámbrica. A lo largo de los años, se le han hecho enmiendas a este estándar de manera de corregir errores y cumplir con las necesidades de los usuarios. (Comunicaciones y Redes de Computadoras, Stallings, 2004)

El estándar de la IEEE 802.11 establece las condiciones de las capas inferiores del modelo OSI en las conexiones inalámbricas. La capa física define la modulación de las ondas de radio y las características de señalización para la transmisión de datos, mientras que la capa de enlace de datos, define la interfaz entre el bus del equipo y la capa física, en particular un método de acceso parecido al utilizado en el estándar *ETHERNET* y las reglas para la comunicación entre las estaciones de la red. En realidad, el estándar 802.11 tiene tres capas físicas que establecen modos de transmisión alternativos (Figura 2):

Capa de enlace de datos	802.2
(MAC)	802.11

Capa física (PHY)	DSSS FHSS Infrarrojo

Figura 2 Capas del Modelo OSI según estándar 802.11

Fuente: Elaboración propia

El estándar 802.11 permite un ancho de banda de 1 a 2Mbps. Éste se ha modificado para optimizar el ancho de banda o para especificar mejores componentes con el fin de garantizar mayor seguridad o compatibilidad. En la tabla 2 se presenta la descripción de algunos estándares derivados del 802.11:

Estándar	Descripción
802.11ª	El estándar 802.11 (llamado Wi-Fi 5) admite un ancho de banda superior (el rendimiento total máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz
802.11b	El estándar 802.11 es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto.
802.11c	El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11 (nivel de enlace de datos).
802.11d	El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.
802.11e	El estándar 802.11e está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio y vídeo.

802.11f	El 802.11f es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento, sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. También se conoce a esta propiedad simplemente como Itinerancia.
802.11g	El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz El estándar 802.11g es compatible con el estándar 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g pueden también pueden funcionar con el 802.11b.
802.11h	El estándar 802.11h tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo (HiperLAN 2, de ahí la h de 802.11h) y cumplir con las regulaciones europeas relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético.
802.11i	El estándar 802.11i está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g.
802.11Ir	El estándar 802.11r se elaboró para que pueda usar señales infrarrojas. Este estándar se ha vuelto tecnológicamente obsoleto.
802.11j	El estándar 802.11j es para la regulación japonesa lo que el 802.11h es para la regulación europea.

Tabla 2. Modificaciones del estándar 802.11 y sus significados

Fuente: Elaboración propia

Los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, son modificaciones del estándar 802.11 y al operar de distinta manera les permite alcanzar distintas velocidades.

II.3.2 802.11g

El estándar 802.11g es un estándar definido por la IEEE entre el 2002 y 2003, en donde se buscó combinar lo mejor de los estándares ya establecidos 802.11a y 802.11b

Dicho estándar permite un máximo de transferencia de datos de 54 Mbps en rangos comparables a los del estándar 802.11b. Debido a que el estándar 802.11g utiliza el rango de frecuencia de 2,4GHz con codificación OFDM, es compatible con los dispositivos 802.11b con excepción de algunos dispositivos más antiguos.

Velocidad hipotética	Rango (en ambientes cerrados)	Rango (al aire libre)
54 Mbps	27 m	75 m
48 Mbps	29 m	100 m
36 Mbps	30 m	120 m
24 Mbps	42 m	140 m
18 Mbps	55 m	180 m
12 Mbps	64 m	250 m
9 Mbps	75 m	350 m
6 Mbps	90 m	400 m

Tabla 3. Velocidades y alcances en ambientes cerrados o al aire libre

Fuente: http://redeswlan.comli.com/index.php/redes-wlan.html

II.3.3 802.11 n

El estándar 802.11n de la IEEE es lo último desarrollado a nivel de tecnología inalámbrica, ofrece una gran cantidad de innovaciones al compararlo con su antecesor el estándar 802.11g, como el añadir una tecnología llamada ''Multiple-Input Multiple-Output''

(MIMO) , una señal de procesamiento y una antena inteligente para transmitir varias secuencias de datos a través de diversas antenas. Como resultado tenemos un rendimiento de hasta 2,5 veces superior, resaltando que tiene una velocidad teórica desde 100 Mbps hasta superar los 200 Mbps, y hasta el doble de alcance que el 802.11g. Es importante destacar que el estándar 802.11g es compatible con los estándares anteriores, aunque lógicamente reduciendo el rendimiento notablemente.

II.4 WIFI

El término WIFI proviene de *Wireless Fidelity*, fidelidad inalámbrica. Pudiera considerarse que es otro nombre para el estándar 802.11b, 802.11g. Y más recientemente 802.11n Su uso extensivo alrededor del mundo ha hecho que se constituya como una de las soluciones de comunicaciones inalámbricas más importantes en la actualidad.

Está de más decir que sus características son las mismas presentadas anteriormente en las secciones de las versiones 802.11b y 802.11g, pero es importante conocer otros puntos claves de WIFI para poder instalar una red inalámbrica exitosamente.

Entre la terminología usada al hablar de WIFI y entre los componentes de este tipo de red tenemos los siguientes:

- *Punto de acceso* Definido anteriormente en el punto 2.2 de este capítulo.
- *Gateway* (Pasarela de Enlace): es un dispositivo que se encarga de conectar redes que manejan protocolos distintos o que se encarga de conectar redes con distintos rangos IP
- *Router* (Enrutador): como su nombre lo indica, es un dispositivo que se encarga de enrutar o determinar el camino apropiado por el que debe viajar la data para conectar una red con otra. No se encarga de definir el camino completo desde emisor hasta el receptor, sólo se encarga de determinar el próximo nodo al que debe mandarse el paquete recibido para llevarlo a su nodo final de la manera más eficiente (evitando el tráfico y la congestión en los enlaces).

- Clientes inalámbricos: un cliente inalámbrico es aquel dispositivo que tiene una tarjeta que nos proporciona conectividad inalámbrica.
- Antenas: las antenas constituyen un punto importante en una red inalámbrica ya que de ellas depende que la señal se propague de un punto a otro. Existen dos tipos de antenas:
- *Pigtail*: "El *Pigtail*, no es más que un pequeño cable, que sirve de adaptación entre la tarjeta WIFI (o el AP) y la antena o el cable que vaya hacia la antena. Este *Pigtail* tiene 2 conectores: el propietario de cada tarjeta en un extremo, y por el otro un conector N estándar en la mayoría de los casos.
- Cables: aunque WIFI se aplica para redes inalámbricas, éstas redes también presentan cables (en una cantidad visiblemente inferior que las redes guiadas) para conectar algunos de sus componentes. Se debe tratar de usar la menor cantidad posible ya que los cables introducen pérdidas en la señal.
- Conector: se usa para conectar el cable con la antena. Es importante usar un conector de buena marca y tener cuidado al soldarlo ya que puede producir pérdidas de hasta 0.25 dB por conector.

Una vez explicados los componentes y terminología clave de las redes inalámbricas bajo el estándar 802.11, es preciso conocer detalladamente cómo trabaja una red 802.11.

Estas redes tienen dos modos de funcionamiento acorde a la configuración de conexión de sus componentes (*routers, ACCESS POINTs*, computadores, etc.). El modo infraestructura se emplea cuando se quieren conectar clientes inalámbricos, u otros dispositivos que no dispongan de una conexión guiada, a una red cableada. Se utiliza un *ACCESS POINT* como puente para lograr la conexión. Cada cliente inalámbrico, para comunicarse con otro cliente inalámbrico en la red, deberá enviar la información al AP y este se encargará de reenviarla al nodo destino en la red inalámbrica. Para comunicarse con algún nodo de la red cableada, igualmente el cliente inalámbrico tendrá que enviar la data al AP y este la reenviará al nodo correspondiente de la red cableada. De esta manera, los clientes inalámbricos pueden tener acceso a la red cableada, compartir la información y comunicarse. En la figura 3 se muestra un ejemplo de la estructura bajo este modo de funcionamiento.

Figura 3.Estructura de red inalámbrica bajo modo de funcionamiento infraestructura

Fuente: (MICROSOFT CORPORATION 2007: Microsoft TechNet)

El otro modo de funcionamiento es el ad hoc. Este modo es utilizado para conectar componentes inalámbricos directamente entre sí sin tener conexión a una red cableada ni usar *ACCESS POINTs* ni *routers*. La cantidad máxima de componentes inalámbricos que pueden conectarse bajo este modo de funcionamiento, es nueve. Estos clientes podrán intercambiar la información entre ellos sin necesidad de conexiones cableadas. En la figura 4 se muestra un ejemplo de la estructura bajo este modo de funcionamiento:

Figura 4. Estructura de red inalámbrica bajo modo de funcionamiento ad hoc

Fuente: (MICROSOFT CORPORATION 2007: Microsoft TechNet)

Al instalar una red inalámbrica debe asignársele un identificador del conjunto de servicios, conocido por SSID (*Service Set Identifier*), que no es más que el nombre de la red. Dicho nombre debe ser distinto al de las redes vecinas visibles desde la que se está creando. Una vez seleccionado el SSID para una red, debe configurarse para el *ACCESS POINT* o cliente inalámbrico (en caso de trabajar en modo ad hoc) con el que dicho SSID va a trabajar

o estará asociado. Un cliente inalámbrico, al querer conectarse a una red inalámbrica debe explorar las bandas de frecuencias para detectar las redes inalámbricas que están cerca. Los puntos de acceso de las redes vecinas o los clientes inalámbricos cercanos trabajando en modo ad hoc, están constantemente enviando tramas de señalización para indicarle la existencia de su red, a los clientes inalámbricos que se quieran conectar. Los SSID (enviados en las tramas de señalización) de las redes vecinas cuya señal sea visible desde el cliente en busca de conexión, se arreglarán en una lista de la cual el cliente inalámbrico tendrá que escoger a cuál red se quiere conectar.

El permiso para que cualquier cliente inalámbrico vea el SSID de las redes cercanas a él, constituye en un peligro si no se establecen los parámetros de seguridad en dichas redes. Un cliente inalámbrico podrá "enviar datos, interpretar los datos enviados en la red inalámbrica, tener acceso a los recursos compartidos de la red inalámbrica o con cables (archivos compartidos, sitios Web privados, etc.), instalar virus, modificar o destruir información confidencial y utilizar su conexión a Internet sin su conocimiento o consentimiento" (MICROSOFT CORPORATION 2007)por lo que permitirle la entrada a la red, a cualquier cliente inalámbrico autorizado o no es, sin duda alguna, un peligro.

II.5 Ancho de Banda

El ancho de banda digital es la cantidad de datos que pueden ser transportados por algún medio, en un determinado período de tiempo (generalmente segundos). Por lo tanto a mayor ancho de banda, mayor transferencia de datos por unidad de tiempo (mayor-velocidad).

En redes, como INTERNET, el ancho de banda es expresado en bits por segundo(bps) o también en bytes por segundos.

En general, una conexión con ancho de banda alto es aquella que puede llevar la suficiente información como para sostener la sucesión de imágenes en una presentación de video.

Debe recordarse que una comunicación consiste generalmente en una sucesión de conexiones, cada una con su propio ancho de banda. Si una de estas conexiones es mucho

más lenta que el resto actuará como cuello de botella disminuyendo la velocidad del enlace. Es decir que si entre un punto A y un punto B hay diferentes enlaces con respecto a la velocidad, la misma del enlace entre los dos puntos será la del enlace más bajo.

II.6 Site Survey

Site Survey o estudio del sitio, se refiere a la técnica que se utiliza para estudiar previamente el lugar, y su entorno, en donde se va a desarrollar una WLAN, dicha técnica es utilizada para simular el rendimiento de una red inalámbrica, en donde podemos observar la cobertura y la velocidad de transmisión total.

El comportamiento de una WLAN puede variar debido a obstáculos o interferencias producidos por otras señales que se encuentren en el aire, causando perdida de la señal de WIFI.

Al realizar el *Site Survey*, es importante aceptar ciertas premisas básicas: a) Aceptar que el *Site Survey* es temporal y debe revisarse cada cierto tiempo, pues se trata de una "foto" en determinado momento y con el tiempo las condiciones podrían cambiar. b) No limitarse a las paredes de la instalación. Es importante tratar de conseguir información también sobre el entorno: Puntos de Acceso existentes, ruidos, interferencias, etc. Si tenemos como vecino a una cafetería o restaurante, es muy probable que tengan varios hornos de microondas que pueden producir interferencias intermitentes en la frecuencia de 2.4 MHz, o sea que afectarían a las transmisiones de redes WIFI 802.11b, 802.11g y 802.11n.

La finalidad del *Site Survey* es:

- Determinar el lugar óptimo de ubicación de los Puntos de Acceso Inalámbricos
- Detectar las "zonas oscuras", es decir zonas de mucho ruido, detectar los obstáculos, que influirán en la calidad de la red. Estos deberán ser tenidos en cuenta al diseñar esa red específica.
- Asegurar una cobertura adecuada a todos los usuarios

II.7 Estudio RF (Radio Frecuencia)

II.7.1 Principios principales de la propagación

La propagación se puede entender como el proceso en el cual una onda es transmitida a través de un medio de transmisión, como lo es el aire. En una red inalámbrica, la propagación de ondas electromagnéticas es afectada por componentes del ambiente. Los obstáculos existentes pueden causar sobre la onda efectos de reflexión y absorción, refracción, difracción y dispersión.

II.7.1.1 Reflexión

Ocurre cuando una onda choca con una superficie y es redirigida en otra dirección. Cuando la onda rebota sobre sí misma con un desfasaje igual a 180°, origina un punto muerto donde las señales combinadas se cancelan unas a otras. Los puntos muertos van a estar presentes en un entorno RF, pero su ubicación probablemente esté en constante cambio, producto de las variaciones en el ambiente (flujo de gente, vehículos, etc.).

La señal propagada que choca con una superficie, puede ser reflejada, absorbida o una combinación de las dos. (Ver figuras 5 y 6). Esta reacción depende de propiedades físicas y propiedades de la señal. Las propiedades físicas tienen que ver con la geometría de la superficie, la textura y composición del material. Las propiedades de la señal son el ángulo de la onda incidente, la orientación y la longitud de onda.

Los conductores perfectos reflejan toda la señal. Otros materiales reflejan parte de la energía incidente y transmiten el resto. La cantidad exacta de transmisión y reflexión depende del ángulo de la señal incidente, el grosor de la superficie y las propiedades dieléctricas del material.

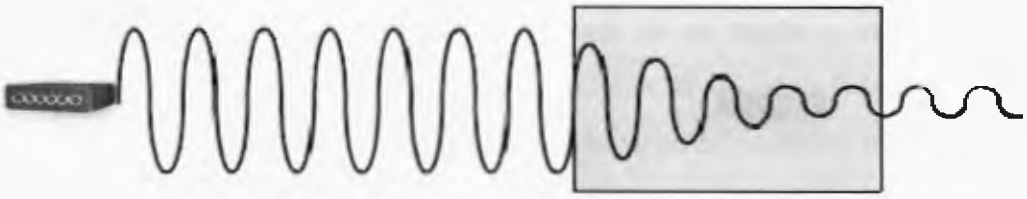


Figura 5. Fenómeno de absorción.

Fuente: Curso online "*Wireless Technology*", CISCO (2005)

Figura 6. Fenómeno de reflexión.

Fuente: Curso online "*Wireless Technology*", CISCO (2005).

II.7.1.2 Difracción

Este fenómeno ocurre cuando la señal transmitida es obstruida por bordes filosos, de obstáculos que son impenetrables por las ondas de radio. Basados en el principio de Huygens, podemos decir que las ondas secundarias son formadas detrás del cuerpo obstructor, incluso donde no hay línea de vista. Los ambientes *indoors* (ambientes interiores) contienen gran variedad de bordes y aberturas orientados en planos horizontales y verticales. La señal difractada resultante depende de la geometría del borde, de su orientación en el espacio y de las propiedades de la señal como lo son la amplitud, la fase y la polarización. El resultado de la difracción, en el extremo de un obstáculo, es que el frente de onda lo bordea y crece a las espaldas del mismo, resultando en cobertura de señal en una región donde no había línea de vista.

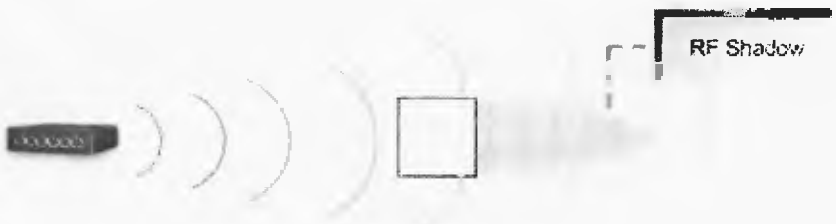


Figura 7. Fenómeno de difracción.

Fuente: Curso online "*Wireless Technology*", CISCO (2005)

Las ondas RF pasarán alrededor, por encima o por debajo del obstáculo, proporcionando cobertura al otro lado del objeto. Sin embargo, existirá un área justamente detrás del objeto donde no habrá cobertura. Esta zona se conoce como sombra RF (*RF shadow*) y se puede observar en la figura 7.

II.7.1.3 Dispersión

Si hay muchos obstáculos en la dirección en la que se propaga la señal y éstos son pequeños respecto a la longitud de onda de la misma, entonces el frente de onda propagado se romperá, esparciéndose en varias direcciones y produciendo interferencias constructivas y destructivas. Una representación gráfica de este fenómeno se muestra en la figura 8.

Figura 8 Fenómeno de dispersión.

Fuente: Curso online "*Wireless Technology*", CISCO (2005).

II.7.1.4 Refracción

Es la flexión o inflexión de la onda cuando pasa de un medio a otro de distinta densidad. La refracción puede ocasionar problemas en enlaces RF de larga distancia, como es el caso de puentes de enlace RF. Por ejemplo, cuando ocurren cambios en la densidad atmosférica, éstos pueden causar que la onda se desvíe de su trayectoria original y se pierda el enlace. Ver figura 9.

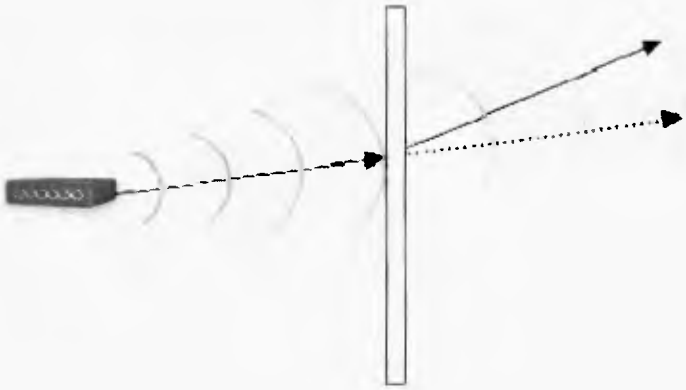


Figura 9. Fenómeno de refracción.

Fuente: Curso online "*Wireless Technology*", CISCO (2005).

II.7.1.5 Multitrayectos y desvanecimientos

Producto del proceso de transformación, que sufren las ondas de radio, las antenas receptoras se encuentran con más de una trayectoria de onda y una variedad de amplitudes y tiempos de llegada. Estos rayos incidentes dan lugar a un fenómeno conocido como multitrayectos. Este efecto, en el receptor, varía dependiendo de la ubicación y el tipo de antena utilizada. El receptor observa la existencia de períodos existencia de señal y períodos de vacío de señal a lo largo del tiempo. Este efecto es lo que se conoce como desvanecimientos.

Los desvanecimientos pueden ser rápidos o lentos, dependiendo del movimiento de la fuente de perturbación y los efectos de propagación sufridos en el recorrido de la señal y evidenciados en el receptor. En ambientes interiores los desvanecimientos son provocados por la actividad humana y en ocasiones por objetos móviles, como metales oscilando. Por ejemplo, un ventilador de pala podría causar desvanecimientos rápidos. Para lidiar con estos efectos indeseados, se utilizan técnicas de diversidad que, describiéndolas a groso modo, buscan recibir la misma información presente en el medio inalámbrico de diferentes maneras y el receptor evalúa el estado de las señales recibidas, utilizando la que se encuentre en mejores condiciones.

II.7.1.6 Pérdida de espacio libre (PEL)

Una gran parte de la potencia de una señal de radio se perderá en el aire. Aún en el vacío perfecto, las ondas de radio perderán algo de su energía debido a que parte de la energía se irradia siempre en direcciones distintas a la del eje del enlace. Observe que esto no está relacionado con el aire, la niebla, la lluvia o cualquier otro factor que agregue pérdidas adicionales.

La PEL mide la pérdida de potencia en el espacio libre sin considerar ningún tipo de obstáculo. La señal de radio se debilita en el espacio libre debido a la expansión en una superficie esférica.

La PEL es proporcional al cuadrado de la distancia y también proporcional al cuadrado de la frecuencia de radio. Tal y como se observa en la Ec.1:

$$PEL = (4\pi \ d/\alpha)^2 \quad \text{(Ec. 1)}$$

II.8 Modelos de Propagación

Un modelo de propagación es un conjunto de expresiones matemáticas, diagramas y algoritmos usados para representar las características de radio de un ambiente dado. Generalmente, los modelos de predicción se pueden clasificar en empíricos o estadísticos, teóricos o determinísticos, o bien, una combinación de estos dos (semi -empíricos).

Mientras que los modelos empíricos se basan en mediciones, los modelos teóricos se basan en los principios fundamentales de los fenómenos de propagación de ondas de radio. Los modelos de propagación predicen la perdida por trayectoria que una señal de RF pueda tener entre una estación base y un receptor, sea móvil o fijo.

II.8.1 Modelos determinísticos

Son utilizados para simular físicamente la propagación de las ondas de radio. En consecuencia, los efectos del ambiente en los parámetros de propagación, pueden ser tomados en cuenta con mayor precisión que en los modelos empíricos.

Se pueden identificar varias técnicas para modelos determinísticos de propagación. Para *indoors* en especial, se distingue la técnica de Diferencia Finita en Dominio del Tiempo

FDTD (*Finite Difference Time Domain*) y la técnica de Óptica geométrica GO. En la técnica de óptica geométrica hay dos enfoques básicos: el enfoque de lanzamiento trazado de rayos (*Ray Launching* o *Ray Tracing*) y el enfoque de Imagen.

Los modelos determinísticos requieren información detallada de las construcciones, ubicación y materiales de paredes, pisos, techos y obstáculos. Usualmente la información detallada de los materiales y estructuras internas de la construcción, no se encuentran disponibles, por lo tanto se adoptan valores aproximados.

Los materiales usados típicamente son listados en la tabla 2.5, así como sus propiedades y el grosor típico de una pared interna hecha de cada material listado.

Material	**Uni-Karlsruhe (ray launching)**		**VTT (image approach)**		**Typical thickness**
concrete	9	0.9	6	0.7	25 cm
light concrete brick	-	-	2	0.5	10 cm
	-	-	4	0.1	13 cm
plasterboard	6	0.6	2.5	0.1	2 x 1.3 cm
particle board	-	-	3	0.2	2 x 1.3 cm
wood	2.5	0.03	-	-	5 cm
glass	6	0.05	6	0.05	2 x 0.3 cm
bookshelf	2.5	0.3	-	-	30 cm

Tabla 4. Parámetros de propagación de materiales de construcción típicos.

Fuente: *Propagation Prediction Models* (1997)

II.8.1.1 Modelo de lanzamiento o trazado de rayos RLM (*Ray Launching/Tracing Model*)

Incluye un número de rayos lanzados en direcciones específicas. Un rayo es terminado cuando su amplitud cae por debajo de un umbral específico, o ha ocurrido un número máximo preestablecido de interacciones con paredes u obstáculos.

II.8.1.2Enfoque del Método de imagen IAM (*Image Approach Method*)

Hace uso de las imágenes de la ubicación relativa de la antena del transmisor respecto a todas las superficies del entorno. Las coordenadas de todas las imágenes son calculadas y los rayos son trazados hacia esas imágenes.

II.8.2 Modelos Empíricos

Son basados en procesos estadísticos derivados de campañas de mediciones representativas. Los ejemplos más populares son: el modelo de pendiente de pérdidas (*One-Slope*) y modelos de múltiples paredes (*MultiWalls models*). Estos modelos requieren como entrada de una descripción razonable del ambiente de propagación, pero al mismo tiempo, sólo se obtiene la pérdida de propagación sin una gran precisión adaptada al ambiente de propagación.

II.8.2.1Modelo COST 231 Multi-Wall

Es el modelo empírico más sofisticado para *indoor* en la actualidad. Todas las paredes entre el transmisor y el receptor, en el plano vertical, son consideradas. Para cada pared individual, las propiedades del material son tomadas en consideración.

Originalmente las predicciones solían ser un poco pesimistas. En este sentido fue agregada una extensión del modelo en la cual la atenuación del obstáculo decrece a medida que incrementa el número de paredes atravesadas. Con esta extensión, el modelo COST 231 proporciona buenos resultados con pocos esfuerzos de cómputo.

En este modelo, la pérdida entre el transmisor y el receptor viene dada por la Ec.2:

$$L\,cost\,mwm = 32.5 + 20\log(f) + 10K\log(d) + 3.4\,Kw1 + 6.9Kw2 + 18.3n^{\frac{n+2}{n+1} - 0.46} \quad \text{(Ec. 2)}$$

Donde:

f: frecuencia en GHz.

k: exponente de pérdidas (igual a 2 en el espacio libre).

d: distancia en metros.

Kw1: es el numero de paredes internas ligeras(Ej. anime, vidrio).

Kw2: es el numero de paredes gruesas (Ej. ladrillo, concreto).

n: es el número de pisos que atraviesa con grosor superior a 30cm

II.8.2.2 Modelo de pendiente de Pérdidas (*One-Slope*)

La pérdida en dB es una función de la distancia entre las antenas del transmisor y el receptor, dada por Ec.3:

$$L(d) = L_0 + 10n\log(d) \quad (\text{Ec. } 3)$$

Donde L_0 es un valor de referencia de la pérdida para una distancia de un metro, "n" es un factor de decrecimiento de la potencia (exponente de pérdida) que define la pendiente y "d" es la distancia, en metros, que separa el transmisor del receptor. L_0 y "n" son parámetros empíricos de un ambiente dado. A modo de ejemplo, la tabla 5 muestra valores de referencia de estos parámetros.

f (GHz)	L_0 (dB)	n (-)	comment
1.8	33.3	4.0	office [13]
1.8	37.5	2.0	open space [13]
1.8	39.2	1.4	corridor [13]
1.9	38.0	3.5	office building [14]
1.9	38.0	2.0	passage [15]
1.9	38.0	1.3	corridor [15]
2.45	40.2	4.2	office building [9]
2.45	40.2	1.2	corridor [9]
2.46	40.0	3.5	office building [16]
2.5	40.0	3.7	office building [17]
5.0	46.4	3.5	office building [18]
5.25	46.8	4.6	office building [17]

Tabla 5 Parámetros empíricos del modelo de pendiente de pérdidas (*One Slope*).
Fuente: Wireless LAN Networks Design (2004).

II.8.2.3Modelo de Keenan-Motley

El Modelo de Keenan-Motley, proporciona mucha más precisión que el modelo de pendiente de pérdidas. El resultado es adaptado al ambiente específico de propagación que se requiere como entrada. Añade las pérdidas introducidas por las paredes y los suelos que atraviesa la onda directa entre el transmisor y el receptor. La pérdida entre el transmisor y el receptor viene dada por Ec.4:

$$Lmw = Lo + 10 * n \log d + \sum_{i=1}^{I} Kwi * Lwi + \sum_{j=1}^{J} Kfj + Lfj \quad \text{(Ec. 4)}$$

Donde:

L0: es una pérdida de referencia a un metro en espacio libre para.

n: es la pendiente de pérdidas con la distancia.

d: distancia en metros, entre el transmisor y el receptor.

I: Número de categorías de paredes.

Kwi: numero de paredes de la categoría i.

Lwi: pérdidas de la pared tipo i.

J: número de tipos de suelos.

Kfj: número de suelos de tipo i.

Lfj: pérdidas del suelo de tipo j

II.9 Antenas

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora, transforma corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas y una receptora realiza la función inversa.

Existe una gran diversidad de antenas, dependiendo del uso al que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas, otras veces deben serlo para canalizar la potencia y no interferir a otros servicios (antenas entre estaciones de radioenlaces).

Las antenas irradian en dos planos. El plano horizontal (H), es el plano perpendicular al elemento activo en la antena. El plano de elevación (E) es paralelo al elemento activo. Representaciones gráficas circulares del patrón de radiación son usadas para describir la forma y ganancia de la antena.

Una antena le da a un sistema inalámbrico tres propiedades: ganancia, dirección y polarización. La ganancia de una antena se expresa en decibeles y es una relación entre dos valores, eficiencia y directividad. Típicamente se toma como valor de referencia la ganancia de una antena isotrópica o una antena dipolo.

Una antena isotrópica es una antena teórica con un patrón de radiación uniforme en las tres dimensiones. El sufijo dBi es usado para comparar el nivel de potencia de una antena dada respecto a la antena isotrópica teórica. Se dice que una antena isotrópica tiene una

relación de ganancia de 0dBi. Por otro lado, la antena dipolo es real y tiene una ganancia de 2.14dBi, tiene un patrón de radiación de 360° en el plano horizontal y de 75° en el plano vertical. Algunos usan la antena dipolo como patrón de comparación y su relación de ganancia se identifica con el sufijo dBd.

En la figura 10, se observa el patrón de radiación de estas dos antenas, el círculo rojo (el más pequeño, en el centro de ambas imágenes) representa 0dbi de la antena isotrópica. Los azules representan el patrón de la antena actual.

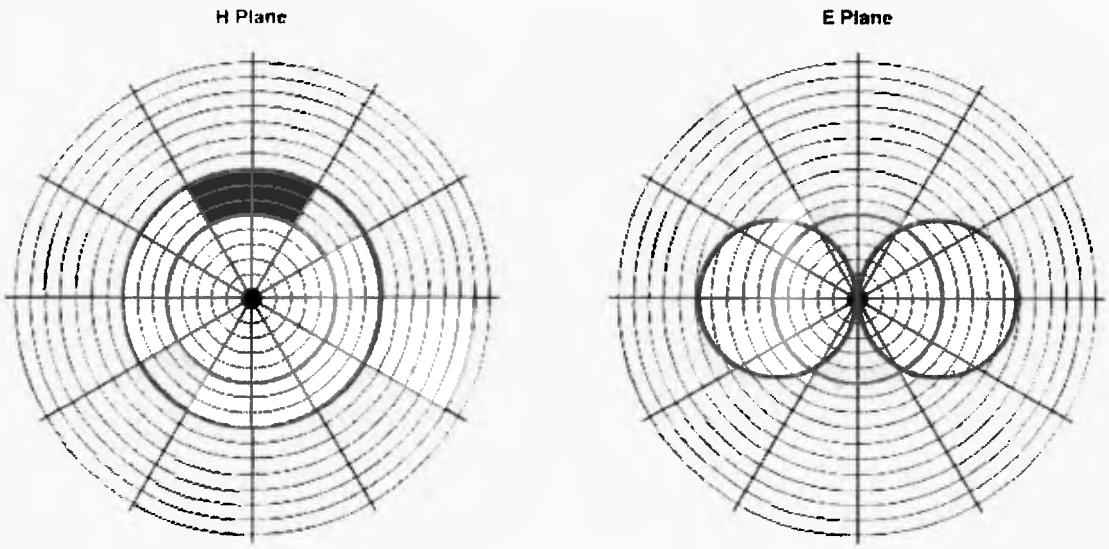


Figura 10 Planos de radiación de una antena dipolo respecto a la isotrópica.

Fuente: CISCO (2004).

II.9.1 Antenas Omnidireccionales: son diseñadas para proveer un patrón de radiación de 360°. Es usada cuando se requiere cobertura en todas las direcciones. Ver figura 11.

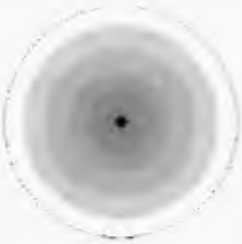


Figura 11. Radiación de antena omnidireccional.

Fuente: *CISCO Aironet Antennas and Accessories (Reference Guide)* (2008).

II.9.2 Antenas Directivas: vienen en varias formas y estilos. Las antenas no ofrecen potencia adicional a la señal, simplemente redirige la energía que recibe del transmisor. De esta manera se tiene más energía en una dirección brindándole más alcance y menos energía en el resto. Ejemplos de antenas directivas son las YAGI, parabólicas y antenas *patch*. Ver figura 12.

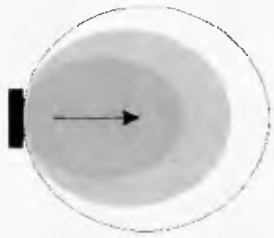


Figura 12. Radiación de antena *Patch* direccional.

Fuente: *CISCO Aironet Antennas and Accesories (Reference Guide)* (2008).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se desarrollarán cada una de las fases necesarias para la elaboración del trabajo especial de grado. Este proyecto consta de 9 fases esenciales que engloban el diseño total de la Red WIFI para la Maternidad Concepción Palacios y que enunciaremos a continuación: La investigación teórica, la recolección de información y de planos, la simulación de cobertura utilizando el *Software* RPS, el *Site Survey,* el análisis de rendimiento con el *Software* OPNET, la comprobación de interconectividad haciendo uso del *software* CISCO PACKET TRACER, la ubicación física de dispositivos y cableado y finalmente el análisis y comparación de costos.

Para desarrollar este proyecto, se siguieron los lineamientos de una metodología específica con el objetivo de realizar el trabajo especial de grado de la mejor manera.

En la primera fase se llevaron a cabo actividades de investigación, visitas a la Maternidad, donde será implementada la solución, búsqueda de recursos y herramientas de trabajo, selección de modelos de propagación, simulación de ambientes para estimar la propagación de las ondas de radio, configuración de un transmisor, medición de niveles de potencia, selección de equipos y tecnologías, así como la determinación de las tareas necesarias para la futura implementación del proyecto y la documentación del mismo.

La etapa de investigación, resultó necesaria para adquirir los conocimientos requeridos en redes y comunicaciones, tales como: obtener información acerca del modelo de capas de referencia OSI y TCP/IP, *Hardware* y *Software* de redes LAN y WLAN, seguridad de redes inalámbricas, organizaciones internacionales reguladoras como la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers,* Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), Wi-Fi (*Wireless Fidelity*, fidelidad inalámbrica), estándares y protocolos de seguridad y control de acceso al medio (MAC), modelos de propagación, comportamiento de las ondas de radio, fenómenos de propagación, entre otros.

La segunda fase contempló la recolección de los datos necesarios para desarrollar el diseño de la Red. Se realizaron visitas a la maternidad para determinar el estado y

condiciones actuales en cuanto a infraestructura, vías de acceso y recursos con los que cuentan, con la finalidad de visualizar las condiciones bajo las cuales se desarrollara el proyecto.

Durante esta etapa, se buscaron los planos de plantas de cada uno de los pisos incluidos en el diseño. Para ello se acudió a la dirección del hospital, quienes gentilmente nos facilitaron los planos para la realización del proyecto. Algunos planos de las localidades se encontraron en formato digital y otros (el mayor porcentaje) se encontraron en copias impresas.

Para la tercera fase se procedió a realizar un estudio sobre la tecnología y tipo de red más apropiada a implementar, con el fin de lograr una buena comunicación dentro de los diferentes sectores de la Maternidad Concepción Palacios. Luego de seleccionar el tipo de tecnología se desarrolló el diseño de la red, en cuanto a su topología, equipos y las técnicas de ingeniería necesarias para realizar la interconexión dentro del centro. Para esto utilizamos el *software* de simulación de la propagación de ondas de radio RPS (*Radiowave Propagation Simulator*), que permite simular un ambiente con sus correspondientes estructuras y principales características arquitectónicas (levantar paredes con el espesor y material de construcción) y de esta manera predecir la cobertura de una radio base bajo ciertas condiciones, según un modelo de propagación seleccionado. Este *software* se utilizó para hacer las predicciones de cobertura de cada localidad por medio de simulaciones.

La cuarta fase correspondía al *Site Survey,* realizado en el piso 4 de la Maternidad Concepción Palacios, con la utilización de un punto de acceso, una computadora portátil y el *software COVERA ZONE.* Esta campaña de prueba se realizó con el fin de hacer una prueba real de cobertura y compararlo con los modelos de propagación realizados con el simulador de la fase anterior y de esta manera comparar y tomar una decisión con respecto al modelo de propagación a usar.

En la siguiente fase, basándose en el marco referencial, se realizó un cambio en la configuración de los puntos de acceso en el *Software* RPS con respecto al patrón de radiación de la antena y la potencia de emisión, colocándolas acorde a los requerimientos de los equipos recomendados para la implementación de la red inalámbrica. Posteriormente se

procedió a simular la ubicación de los AP para cada piso utilizando la configuración nueva y de esta manera tener el conocimiento de cuantos AP se van a necesitar para el diseño de la Red.

La sexta fase se basó en las simulaciones del rendimiento de la red, haciendo uso del *software* OPNET. Se creó una topología de red para simular y comprobar si la misma tenía un buen funcionamiento con respecto a su ancho de banda, rendimiento y la cantidad de paquetes por segundo, tanto enviados, como recibidos. Se configuraron cada uno de los equipos utilizados en el diseño (switchs, servidor, LANs), posteriormente se procedió a correr la simulación y a partir de ella se obtuvieron las graficas correspondientes al funcionamiento de las aplicaciones usadas (navegación web, correo, videoconferencia) y de los enlaces principales. Finalmente se realizó un análisis del comportamiento de la red con las especificaciones similares a la red inalámbrica diseñada para la Maternidad Concepción Palacios.

La séptima fase corresponde a la comprobación del diseño de la topología de red y a su interconectividad; para esto se hizo el uso del *software* CISCO PACKET TRACER, para ello se diseño una topología de red con dimensiones menores a la de la red real, sin afectar su funcionamiento. Se configuraron cada uno de los equipos utilizados como *switchs, host*, y servidor; este último como DHCP server, y posteriormente se realizaron pruebas para comprobar la interconectividad entre cada uno de los dispositivos buscando que cada uno de los host enviara paquetes ICMP (ping).

En la octava fase se realizó un estudio para la colocación de los equipos y la ubicación del cableado necesario para establecer la red a lo largo de los pisos de la Maternidad Concepción Palacios. Para esto se calcularon la cantidad de ACCESS POINT necesarios para cada piso, al igual que de *switchs* y tipos de cable. Al hacer un estimado de los dispositivos se procedió a realizar el diseño físico para la colocación de los mismos, previendo los peligros en cuanto a vandalismo y ambientes hostiles.

En la novena y última fase, se realizó un estimado de costos con los equipos recomendados para la implementación de la red en cuestión, recomendando los dispositivos más novedosos y robustos de manera que soporten los servicios ofrecidos y su ubicación

dentro de las instalaciones. Se recomendaron específicamente dos marcas reconocidas, CISCO y MOTOROLA, estas empresas proporcionan los equipos necesarios para la implementación de redes inalámbricas y demás equipos del área de comunicaciones, los cuales garantizan un buen funcionamiento y una alta calidad. Existen en el mercado otras marcas más económicas pero de calidad inferior.

CAPITULO IV

DESARROLLO Y RESULTADOS

A continuación se presenta una descripción detallada del proceso realizado para cada fase del proyecto, partiendo de la fase número dos, que corresponde a la recolección de planos. En este capítulo se explicará detenidamente cada paso realizado y los métodos usados para el diseño de la Red WIFI para la Maternidad Concepción Palacios. El siguiente esquema mostrará la estructura de este capítulo.

Figura 13. Esquema de desarrollo

Fuente: Elaboración propia

IV.1 RECOLECCIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE PLANOS

Para dar inicio al proceso de simulación de cobertura en cada piso de la Maternidad Concepción Palacios, era necesario la recolección de los planos de todo el edificio, con sus escalas específicas, para así tener un estimado real y lograr una simulación lo más parecida a la realidad.

La Maternidad Concepción Palacios, específicamente la Dirección del recinto, nos facilitó una copia impresa de los planos originales del edificio. Posteriormente se logró contactar al arquitecto de una empresa que actualmente se encuentra realizando unos proyectos de remodelación y mejoras dentro del hospital, el cual tenía en su poder el plano digitalizado del piso uno y del sótano. Con estos dos valiosos aportes se inició el proceso de digitalización de los planos, utilizando los *Software AutoCAD 210* y *Home Plan Pro 5.2.23.2.*

Se seleccionaron al azar algunos espacios importantes de la edificación y se verificaron sus dimensiones en relación a los planos originales, comprobándose la legitimidad de los mismos. De inmediato se procedió a realizar el dibujo arquitectónico digital de los diferentes niveles de la Maternidad, señalando además el mobiliario existente en cada ambiente.

IV.2 PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA REALIZACION DE SIMULACIONES EN RPS

El *Software* de simulación RPS (RADIOWAVE PROPAGATION SIMULATOR) es un sistema que facilita el planeamiento de cobertura y desempeño de sistemas de radio. Para ello, cuenta con una interfaz de usuario gráfica que presenta gran variedad de funcionalidades. Permite recrear ambientes con estructuras, en los cuales se puede identificar el tipo de material en que están construidas y especificar sus dimensiones.

De igual manera, permite seleccionar distintos modelos de propagación empíricos y determinísticos, que se usan para ilustrar el comportamiento de la señal de manera gráfica según las especificaciones del modelo introducido, en un ambiente especificado por el usuario. También permite importar y exportar distintos tipos de data. Antes que la simulación

pueda ser ejecutada, un ambiente debe ser generado utilizando el entorno de edición. Así mismo, un ambiente existente en cualquier base de datos, puede ser abierto o importado desde archivos que contienen especificaciones de escala como DXF/DWG (que son extensiones de archivo electrónico de dibujo computarizado, utilizado principalmente por el programa *AutoCAD*) u otras extensiones de archivos de imagen como BMP, GIF, JPG, TIF, entre otros, pero para éstas últimas, el usuario debe conocer las dimensiones de la imagen y escalarlas manualmente.

Para recrear el ambiente de cada piso en el simulador RPS mencionado anteriormente, se utilizó como plantilla, los planos de planta digitales conseguidos y validados. En la mayoría de los casos se pudo contar con planos digitales en formato *AutoCAD*, los cuales son importados en el simulador, que reconoce la escala automáticamente (planos correspondientes a Sótano y Piso 1). El plano correspondiente al piso 6 facilitado por la dirección del recinto, se digitalizó con el *Software Home Plan Pro.* Este programa de diseño, permite guardar los archivos de imagen en un formato DXF, el cual como se explicó anteriormente es totalmente compatible con el simulador RPS.

Arquitectónicamente, se le da el nombre de "Planta Tipo" a los pisos que poseen la misma estructura entre ellos. La Maternidad Concepción Palacios se puede decir que posee 2 "Plantas Tipo"; una correspondiente a Planta Baja, Piso 1 y Piso 2, y otra correspondiente a los pisos compredidos entre el piso 3y el piso 9. El sótano tiene una estructura diferente, específicamente el área de emergencia. Hay que destacar que la recolección de planos se tornó un poco exhaustiva debido a que los mismos se encontraban en un estado deteriorado e incompleto. Es por esto que se necesitó la colaboración del arquitecto encargado de la remodelación del hospital para la visión arquitectónica de la estructura del edificio, con esto se especificó la similitud de las plantas 3-9 correspondientes al área de hospitalización y los pisos 1,2 y planta baja, a las que se le asignan las áreas de quirófanos y demás oficinas las cuales poseen la misma estructura.

A continuación se mostrará la digitalización de uno de los planos correspondientes al Sótano realizado en el *Software Auto Cad* y seguidamente el Piso 6 digitalizado en *Home Plan Pro.*

Figura 14 Sótano, Maternidad Concepción Palacios *Sofware Autocad*

Fuente: Elaboración Propia

Figura 15. Piso 6, Maternidad Concepción Palacios Software Home Plan Pro

Fuente : Elaboración Propia

El procedimiento para pasar estos planos al simulador RPS es sencillo. Para los dos tipos de archivos hay que llevar el mismo proceso, se abre cada plano en el *Software* de simulación, se dejan únicamente las paredes y puertas del mismo y posteriormente se traza manualmente cada línea visualizada en el plano.

El programa RPS contiene una base de datos con una gama de materiales con los que se puede constituir una pared, puerta, ventana, etc. En base a lo anterior, se determinó que materiales fueron utilizados para el levantamiento de cada piso de la Maternidad y de esta forma tener una similitud con las opciones dadas en el *Software*.

Para trazar manualmente cada línea, hay que crear una etiqueta indicando el tipo de material, para este caso la opción seleccionada para el material de las paredes fue Bloque y para las puertas Madera (*Brick, Inner wall* y *Wood* respectivamente).

Para tener una idea más detallada de lo que se está hablando, a continuación se muestra la configuración del tipo de material utilizado en las paredes y puertas de los pisos del recinto.

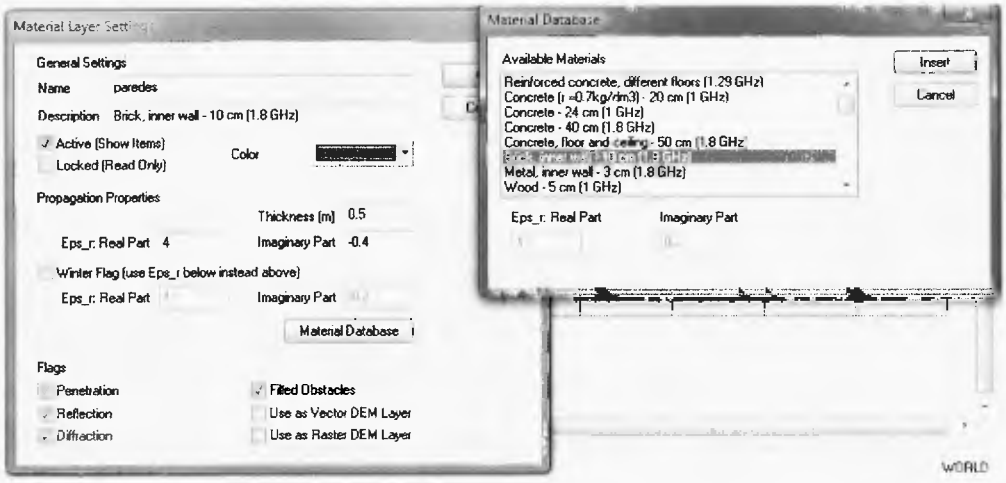


Figura 16. Configuración de Material Pared

Fuente: Elaboración Propia

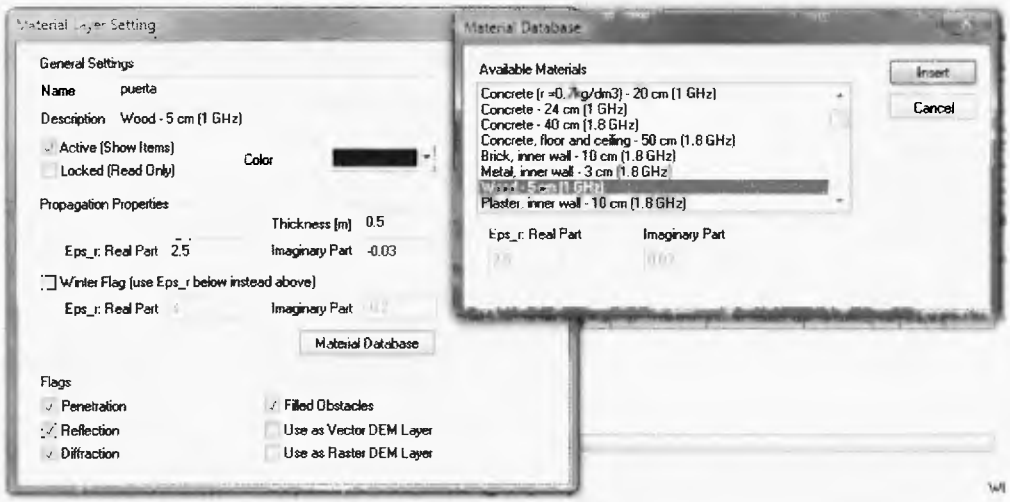


Figura 17. Configuración Material Puertas

Fuente: Elaboración Propia

Cada piso posee unas especificaciones que son similares entre ellos, como su altura, el grosor de las paredes y de las puertas. Cada planta tiene 3 metros de altura, el grosor de cada pared es de 25 cms., y el de las puertas de 5 cms. de ancho.

Luego de esta configuración, y del trazado detallado de cada línea de las paredes y puertas de los pisos, se llegó al resultado mostrado en la figura 18.

La red inalámbrica puede ser configurada posicionando transmisores y grupos de receptores, que usualmente son puestos en matrices a lo largo de una línea o áreas en donde la data debe ser obtenida. Para ello fue necesario configurar el tamaño de la grilla a 1 metro, esto significa que va a existir un posible receptor por cada metro cuadrado en la zona.

Para configurar a los receptores es necesario hacer un campo de recepción delimitando la zona en cuestión, después que se delimita la zona, va a aparecer un cuadro en donde se coloca la altura que hay entre el piso y el posible receptor, el cual se coloco a 1.5 metros de distancia. Del mismo modo se especificó que los receptores son solo válidos para antenas isotrópicas, esto se debe a que su diagrama de propagación va a ser uniforme en las tres dimensiones. De esta forma estarían configurados los receptores como se muestra a continuación en la figura 19.

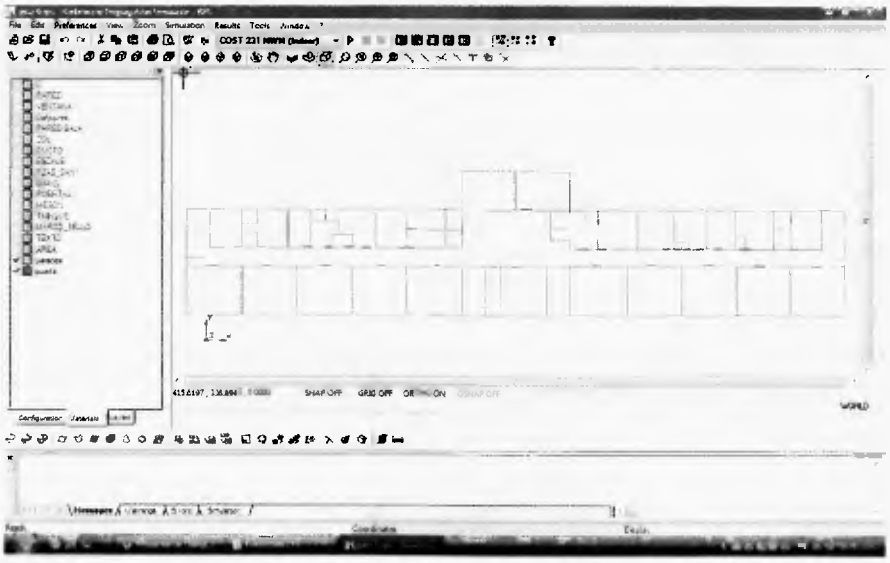


Figura 18. Estructura Piso 6. *Software* RPS

Fuente: Elaboración Propia

Figura 19. Configuración de los receptores. *Software* RPS

Fuente: Elaboración Propia

De esta forma ya estarían posicionados los transmisores de la forma siguiente.

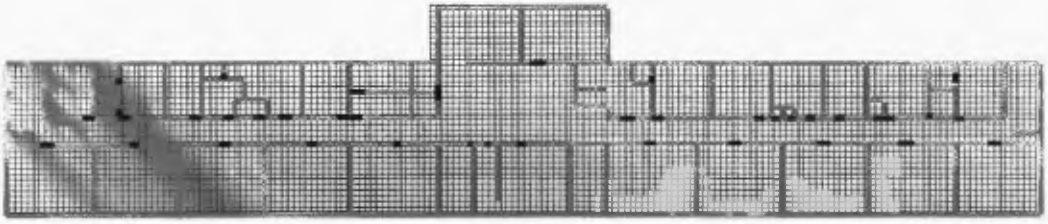


Figura 20. Campo de receptores ubicados sobre el Piso 6. *Software* RPS

Fuente: Elaboración propia

Los transmisores se van colocando uno por uno en el mapa de la estructura, cada vez que se coloca uno se configura como se indica en la figura 21.

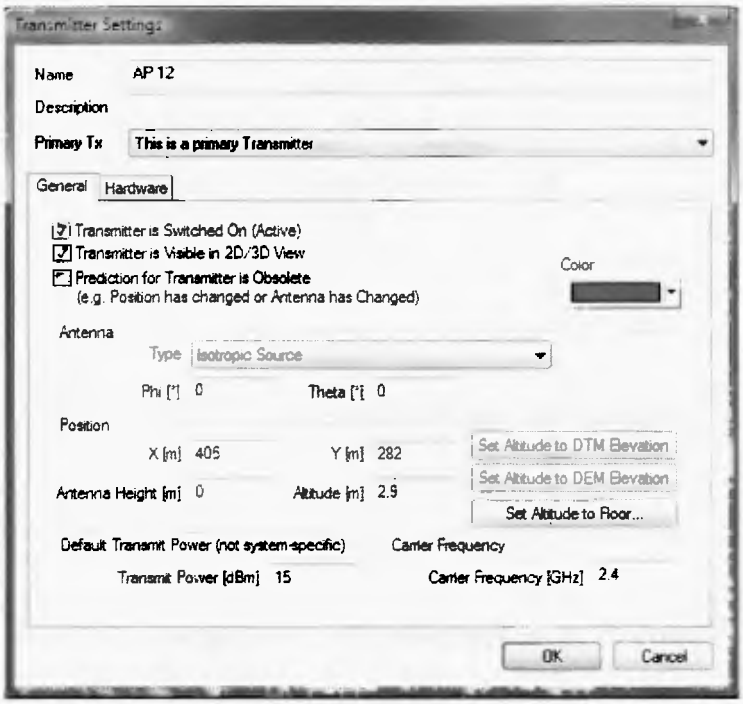


Figura 21. Configuración del transmisor. *Software* RPS

Fuente: Elaboración Propia

Posteriormente se le coloca el respectivo nombre al ACCESS POINT, se elige una fuente del tipo isotrópico y dado que los pisos son de 3 metros de altura, se colocaron a 2.9 metros.

Para la potencia de transmisión en dbm se procedió a revisar los *Datasheet* de los puntos de acceso con los cuales se realizaron las pruebas de *Site Survey* en la maternidad. Se determinó, usar una potencia de 15 dbm.

La frecuencia de la portadora es 2.4 GHz la cual es la frecuencia determinada para WIFI por la IEEE, y la autorizada por CONATEL (Comisión Nacional de Telecomunicaciones). Dicho organismo otorga la banda desde 2.3 a 2.450 GHz como banda libre para aficionados, es por esta razón que se utiliza una frecuencia dentro de este rango.

En este punto la simulación puede ser ejecutada. Para ello, el usuario debe escoger entre modelos de propagación cuyos algoritmos se encuentran pre-cargados en el sistema, o

por el contrario, se pueden aplicar modelos cargados por el usuario, implementados a través de un vínculo que tiene el sistema con el programa MATLAB.

Una vez que se tenían preparadas todas las características de simulación, se procedió a seleccionar el modelo de propagación y ejecutar la simulación, de esta manera se pudo observar el nivel de señal que llega a cada uno de los receptores recreados en la localidad. El modelo a utilizar en las simulaciones se escogió a partir del resultado de las mediciones de validación, considerando dos modelos, para determinar cuál mostraba resultados más apropiados para el diseño:

- Modelo COST 231 MWM (*indoor*).
- 2.5 *Ray Tracing*.

Entre las opciones post-simulación se tienen funciones que muestran: la huella de cobertura, la relación señal a interferencia, una opción que permite determinar qué transmisor presta mejor servicio en cada punto de cobertura (en un ambiente con múltiples trasmisores donde las celdas se solapan) y *Delay spread* y *Angular Spread* (retrasos en la propagación producto de los multitrayectos medidos en el dominio del tiempo y la frecuencia respectivamente). Igualmente, los resultados de las simulaciones pueden ser apreciados en VISTAs de dos y tres dimensiones.

Una huella de la cobertura obtenida a través de la simulación, luce como la imagen presentada en la figura 22.

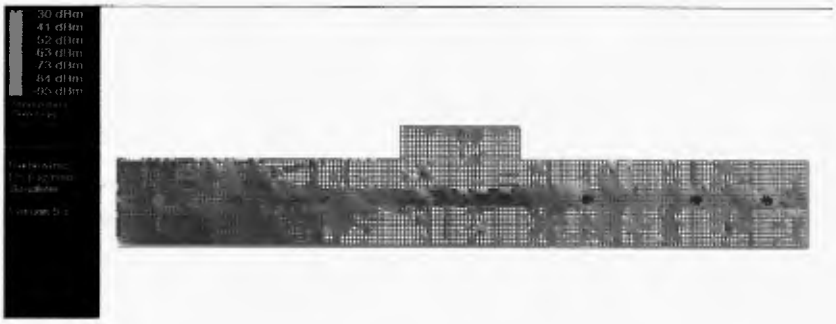


Figura 22. Huella de cobertura resultante de la simulación del piso 6 utilizando RPS

Fuente: Elaboración Propia

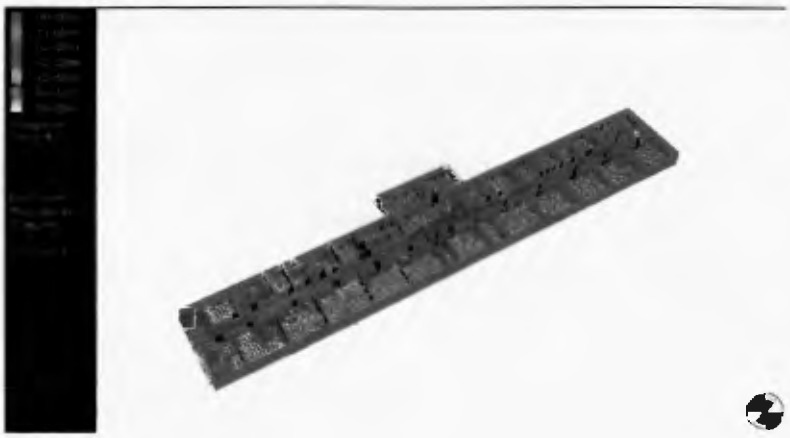


Figura 23. Huella de cobertura resultante de la simulación del piso 6 utilizando RPS en 3D

Fuente: Elaboración Propia

IV.3 PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA SITE SURVEY

IV.3.1 Selección del sitio

Para el proceso de selección del sitio donde se llevaría a cabo la campaña de mediciones, se emplearon los siguientes criterios:

• Las mediciones se deben llevar a cabo en horario de oficina y escoger aquella localidad en donde no funcionen laboratorios, ni consultorios médicos ya que acumulan mucha gente y esto dificulta el proceso de medición.

• Se escogerá una localidad amplia, preferiblemente de poco tráfico de personas, en la cual el proceso de medición no obstaculice el paso de la gente.

• Preferiblemente, se debe llevar a cabo las mediciones en un lugar donde se eviten trabas administrativas y rigurosidad en los procedimientos.

• Se debe seleccionar una localidad estándar cuyas características físicas sean similares a otras vecinas.

El piso que se adapta mejor a los criterios establecidos es el piso 4 (hospitalización), debido a que hay poca concurrencia en comparación con los demás pisos, ya que este se encuentra un poco deteriorado y en unas condiciones por debajo del umbral necesario para

mantener mujeres en Post-parto; sin embargo un sector si está habilitado para dar hospitalización a dichas madres. Adicionalmente sus empleados mostraron la mejor disposición, dando facilidades de acceso a las áreas donde fuese necesario hacer medidas.

IV.3.2 Equipos Utilizados y su Configuración

La ejecución de la prueba requiere de la implementación de un AP que trabaje en modo autónomo, es decir, que no dependa de un controlador de red para su funcionamiento.

El AP implementado fue un *Advantek Networks Wireless Broadband Router* modelo WR514R, que requiere de una antena externa, siendo la seleccionada una antena omnidireccional. Este equipo fue facilitado por el Tutor académico para la realización de las pruebas, un Punto de Acceso sencillo y de uso domestico, el cual no será el recomendado para la implementación de la red, debido a que para ello se ofrecerán equipos más sofisticados.

Para la prueba no se requiere conexión a la red de datos cableada, simplemente se desea que el AP emita ondas en la frecuencia utilizada por la solución, a una determinada potencia. De esta manera, sólo se requiere conexión a la red eléctrica para obtener su alimentación y por lo tanto, tampoco requiere ningún tipo de configuración de los parámetros de seguridad.

El AP fue configurado en un modo *site survey*, es decir, trabajando como un simple transmisor de radio y para ello se realizó el siguiente procedimiento:

- Se conectó el AP a la computadora a través de un cable *ETHERNET.*
- Se introdujo la dirección IP 192.168.1.1 al explorador *de WINDOWS.*
- Se introdujo el nombre de usuario y contraseña por defecto, el cual es ADMIN, ADMIN respectivamente.
- Se modificó el SSID con el nombre MARIO para no ser confundido con otra red inalámbrica aledaña.

- Se configuró el *Access point* para que trabaje con el protocolo DHCP.
- Se realizaron cambios en la frecuencia para ser trabajada a 2.4 GHz.

Luego de todo esto, el AP estaba listo para ser usado en un *site survey* sencillo para determinar el comportamiento RF (Radio Frecuencia) de la señal que emite.

Como equipo de medición, se utilizó una computadora portátil que tiene instalada una tarjeta inalámbrica de red Intel(R) PRO/*Wireless* 3945ABG *Network Conection*, con una antena interna integrada de ganancia desconocida. Adicionalmente, el equipo tiene instalado el *software* de medición *COVERA ZONE.*

IV.3.3 Descripción de la medición

La medición se llevó a cabo un sábado, por lo que había poca gente circulando en los pasillos. El AP se ubicó sobre una caja en la mitad de un pasillo del piso 4 de la Maternidad Concepción Palacios y la antena se orientó perpendicular al suelo, a 5 centímetros de altura respecto al piso. La prueba requirió de una persona adicional, encargada de la seguridad del equipo.

COVERA ZONE es un *software* para implementación de *site survey* para redes inalámbricas, diseñado para WINDOWS XP y WINDOWS VISTA. Este programa permite recopilar data durante campañas de mediciones y ofrece un soporte opcional GPS (Sistema de Posicionamiento Global) para *site survey* en *outdoors*. A través de él, se pueden calcular huellas de cobertura a partir de la data medida y visualizar la información en mapas previamente cargados. Adicionalmente crea reportes automáticos basados en la información de medición y genera vistas en formatos HTML, RTF o KML.

El *software* requiere que la máquina tenga instalada una tarjeta de red inalámbrica. El programa muestra una lista con información de todos los APs cuya señal inalámbrica puede percibir la tarjeta de red del equipo utilizado. Adicionalmente, muestra información de cada AP, tal como: SSID, dirección MAC, tipo de estándar de capa física utilizado (802.11a, 802.11b, 802.11g) y RSSI (*Received Signal Strength Indication)*, que es un indicador de la magnitud de la señal recibida. Una vez que el usuario se conecta al AP involucrado en el

proceso de medición, el programa muestra información adicional acerca de la configuración del dispositivo. Por ejemplo, permite ver la velocidad del enlace y el tipo de cifrado que utiliza.

Una vez que el equipo se alimentó y comenzó a radiar las ondas, se procedió a hacer las mediciones con el software *COVERA ZONE*, al cual se le pre-cargó el plano de la localidad y luego fue escalado. Con la computadora portátil en mano, se agregaron puntos de medición en cada espacio de la localidad, procurando que el cuerpo de quien ejecuta la medición, no se encontrara en la línea entre el AP y la computadora, evitando funcionar como un obstáculo más.

Se recorrió caminando el área de cobertura completa, en los interiores de la localidad, se almacenó el resultado en un archivo para su posterior análisis.

IV.3.4 Validación de los Modelos COST 231 MWM y Ray Tracing.

Para determinar las similitudes de cada uno de los modelos de propagación con los valores medidos en el *Site Survey,* se decidió tomar una muestra de aproximadamente 60 puntos de recepción por piso, para una potencia de transmisión de 15 dbm y graficar el RSSI de cada modelo simulado vs. el valor real medido. En la figura 24, se puede observar la distribución de los puntos de medición en el plano del piso 4 de la Maternidad, donde se realizó la medición. Cada punto corresponde a la ubicación donde se toma la muestra de medición.

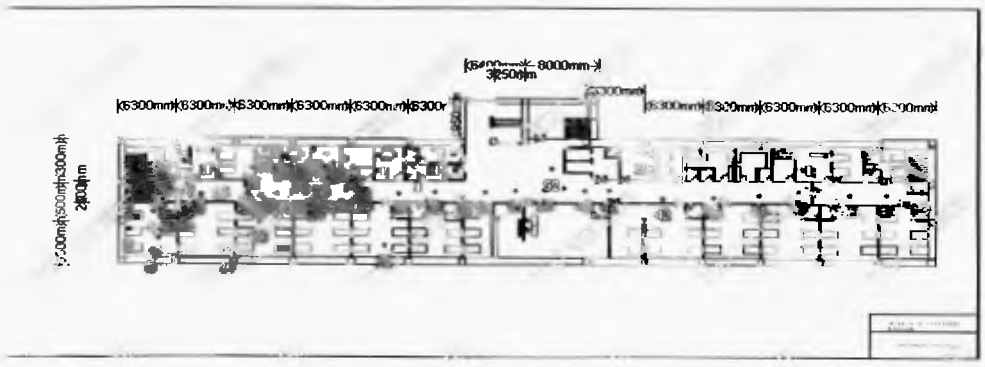


Figura 24. Puntos de medición, piso 4. *Software COVERA ZONE*

Fuente: Elaboración Propia

El resultado del mapa con la huella de cobertura, generado por el *Software COVERA ZONE* puede ser apreciado a continuación en la figura 25.

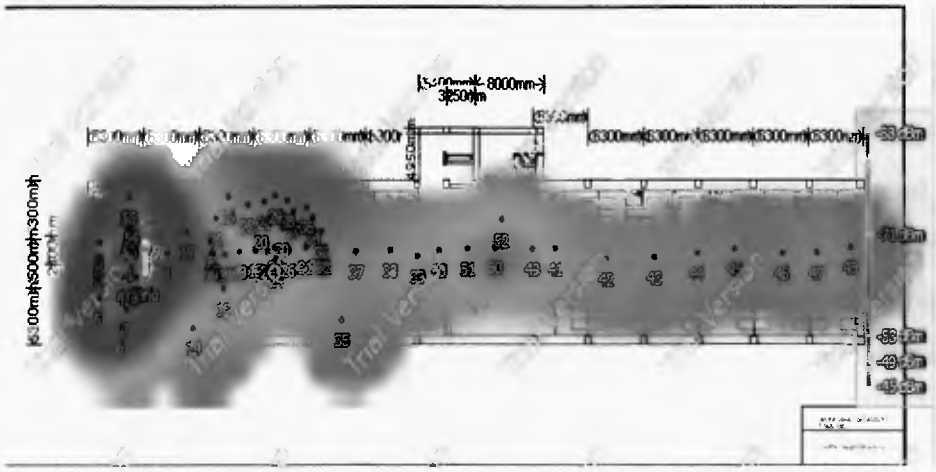


Figura 25. Site Survey, piso 4. *Software COVERA ZONE*

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 26 y 27, se puede apreciar la huella de cobertura resultante de la simulación, utilizando los modelos de propagación COST 231 MWM y *Ray Tracing*, al introducir los mismos parámetros de configuración en el software RPS y utilizando como plantilla el mismo mapa de la localidad que fue utilizado en la medición. Los parámetros de configuración se aprecian en la tabla 6.

Parámetro de configuración	Site survey	Simulación
Potencia de transmisión	15 dbm ± 1	15 dbm
Tipo de antena	Omnidireccional	Isotrópica
Sensibilidad del receptor	- 84 dbm	- 95 dbm
Frecuencia de la portadora	2.400 ~ 2.4835GHz	2.4 GHz

Tabla 6. Parámetros de medición

Fuente: Elaboración Propia

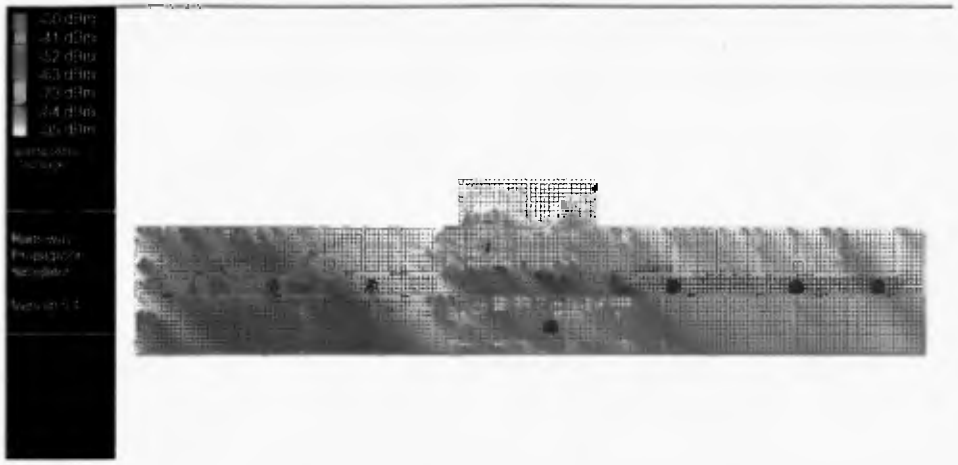


Figura 26. Huella de cobertura resultante de la simulación con *Software* RPS, usando del modelo de propagación COST 231 MWM

Fuente: Elaboración Propia

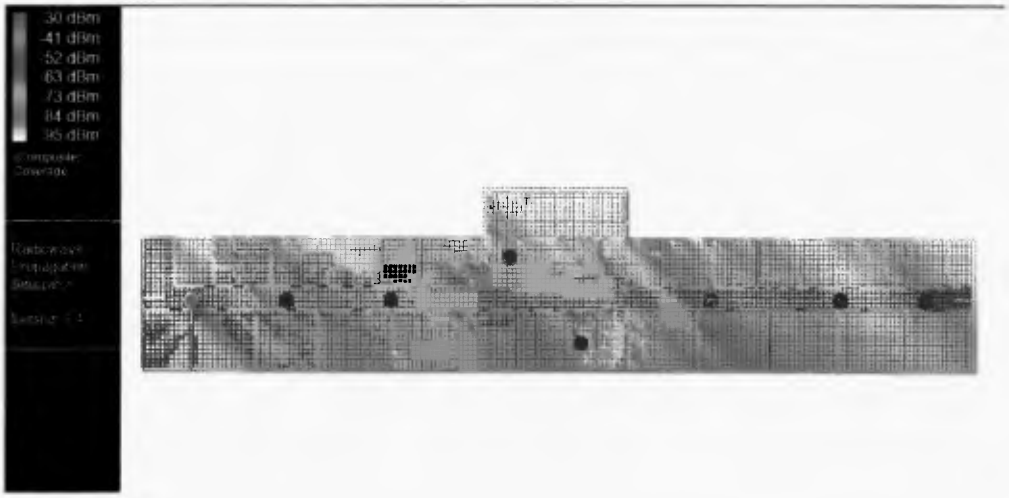


Figura 27. Huella de cobertura resultante de la simulación con *Software* RPS usando el modelo de propagación *RAY TRACING*

Fuente: Elaboración Propia

Para poder comparar los resultados del *Site Survey* con las simulaciones, se toma a mano el valor de cada punto de la simulación en el lugar donde hay medidas hechas. Para ello, basta con ubicar el cursor sobre el punto que se desea medir y anotar el valor de potencia obtenido. Se tomó una muestra total de 55 puntos para cada modelo de simulación y los valores de cada medida se aprecian en la tabla del apéndice E.

Una vez obtenidos los valores medidos y simulados, se realiza un gráfico donde es posible visualizar la secuencia de valores medidos vs la secuencia de valores obtenidos de la simulación para cada modelo. Los resultados se aprecian en las figuras 28 y 29.

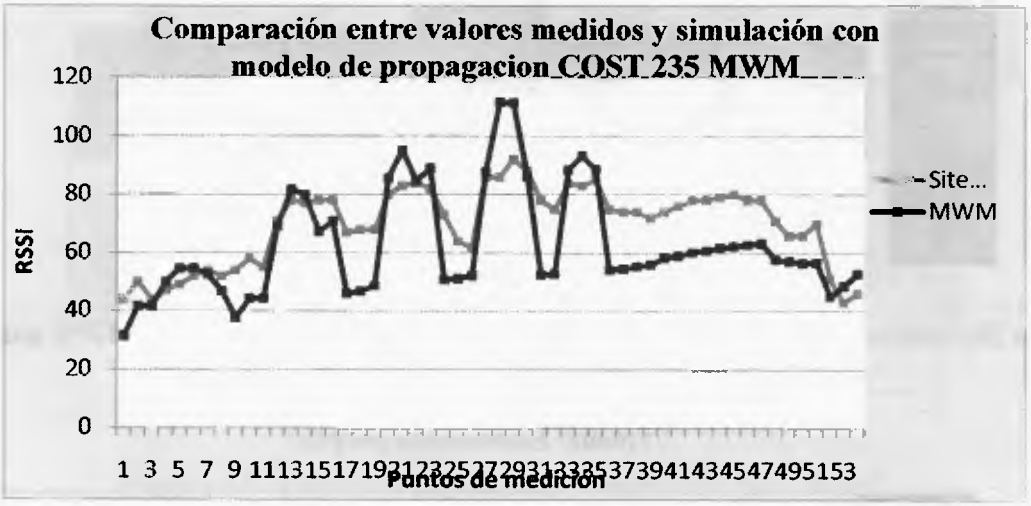


Figura 28. Gráfico de valores medidos en campaña vs. Resultados de simulación con modelo COST 231 MWM.

Fuente: Elaboración Propia

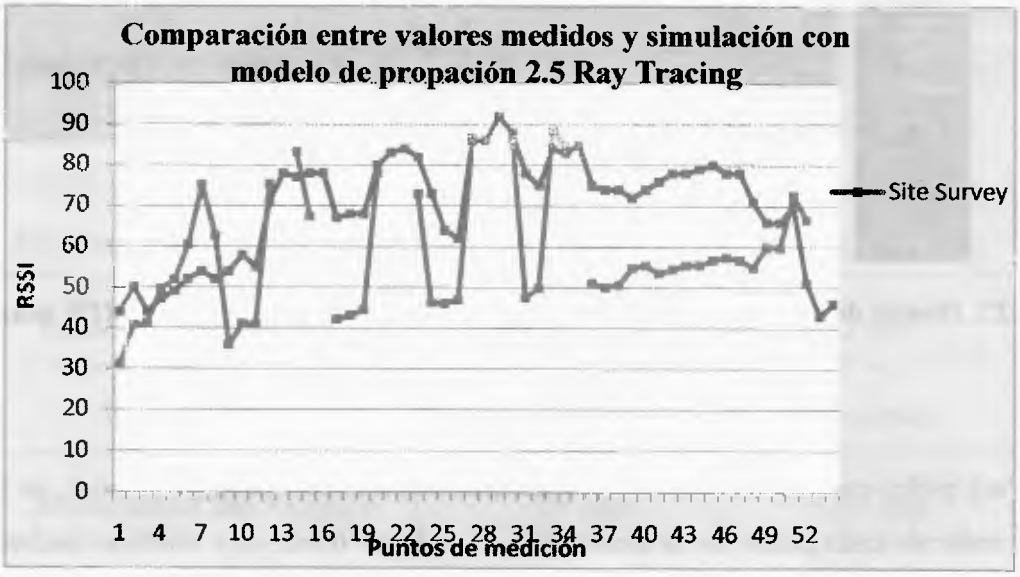


Figura 29. Gráfico de valores medidos en campaña vs. Resultados de simulación con modelo *RAY TRACING.*

Fuente: Elaboración Propia

Como era de esperar, la evaluación de resultados punto a punto revela las diferencias entre los valores medidos y los simulados. Estas diferencias se deben a que el ambiente real es bastante más complejo que el recreado en la simulación. Hay que considerar que al momento de las mediciones se encontraban personas transitando el área y sentadas en los alrededores y otros obstáculos que producen una atenuación agregada. Estos obstáculos móviles y de mobiliario no fueron considerados en la simulación.

Se observa que ambos modelos aportan información útil sobre la forma en que se propaga la señal en el ambiente. Dado que el objetivo del levantamiento planimétrico es obtener un mapa estimado de la cobertura de la señal, se prefiere utilizar el modelo COST 231, reconociendo que los resultados tienen un menor error asociado.

Hay que tener en cuenta que un nivel de potencia inferior a -90dBm no es suficiente para establecer un enlace inalámbrico. También hay que considerar una limitación adicional, sumamente importante y es que las simulaciones y las mediciones que se llevaron a cabo, no contemplaron el ruido y la interferencia presente en el ambiente ya que el simulador no tiene la capacidad de hacer este análisis y el *software* de medición no permite obtener estos valores. Investigaciones, como la titulada "*Link Assessment in an Indoor 802.11 Network*" (Evaluación del enlace en una red 802.11 en un ambiente interior) (Souryal *et al.*, 2006), demuestran que para que pueda existir un enlace inalámbrico confiable, a tasas de transferencia altas (54 Mbps), la relación señal a ruido (SNR) debe ser superior a 20dB en ambientes con poca interferencia y los requerimientos en SNR aumentan a medida que la interferencia aumenta.

IV.1.4 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO EN CADA PISO

Es importante destacar que al realizar la simulación en el *software* RPS se configuró una antena de tipo omnidireccional debido a que el AP utilizado para realizar el *Site Survey* contiene una antena con un diagrama de propagación similar. Esto se utilizó para realizar las comparaciones necesarias entre los dos modelos de propagación escogidos y de esta manera elegir el más acorde con los requerimientos deseados.

Para realizar la ubicación final de los puntos de acceso, se cambió la configuración de las antenas de los mismos con un diagrama de propagación direccional, debido a que las antenas omnidireccionales irradian hacia los otros pisos, lo cual no es conveniente para esta topología, debido a que las redes inalámbricas *Indoor* se recomienda planificarlas piso por piso. Estas antenas son comúnmente llamadas *IN-BUILDING;* utilizan estos patrones de radiación debido a que no interfieren con los demás pisos, y es más fácil abarcar la cobertura deseada ya que al ser colocadas en los pasillos irradian ondas hacia los sectores deseados.

Para cada punto de acceso se hizo el uso de 2 antenas direccionales con un mismo diagrama de propagación, pero desfasados 180° en el plano horizontal, con la finalidad de simular una antena bidireccional. A continuación se muestran en la figuras 30 y 32 los patrones de radiación de cada antena en un caso particular.

Figura 30. Patrón de radiación de una antena direccional del piso 6. *Software* RPS

Fuente: *Software* RPS

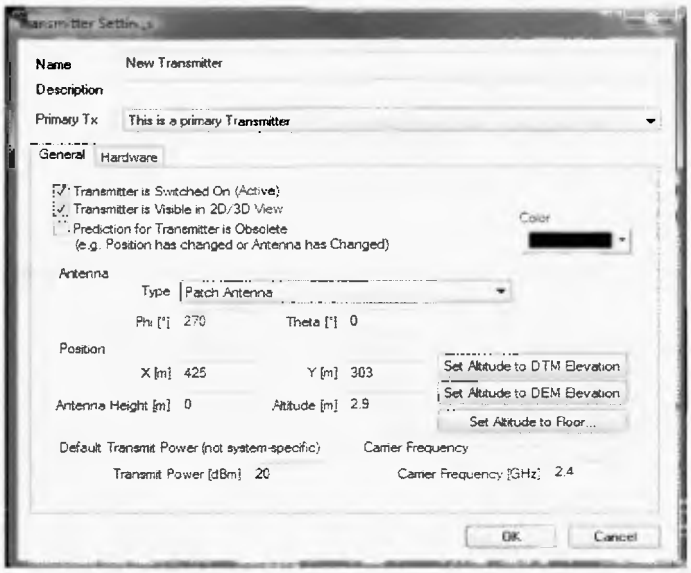


Figura 31. Configuración de un punto de acceso. Piso 6. *Software* RPS

Fuente: *Software* RPS

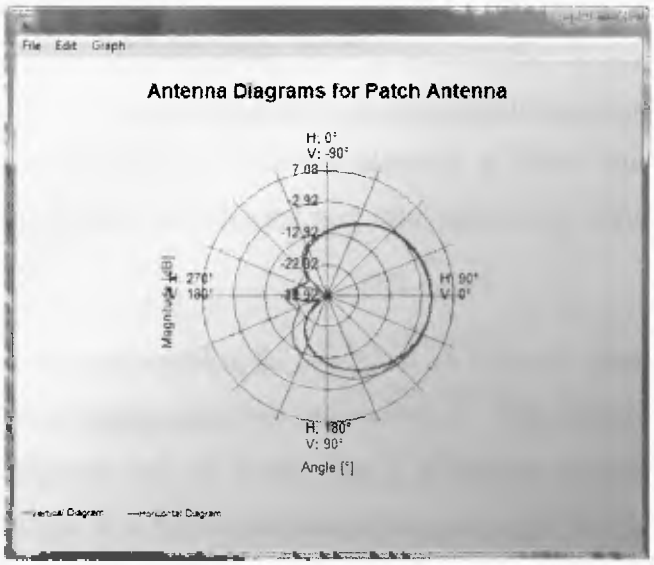


Figura 32. Patrón de radiación de una antena direccional del piso 6. *Software* RPS

Fuente: *Software* RPS

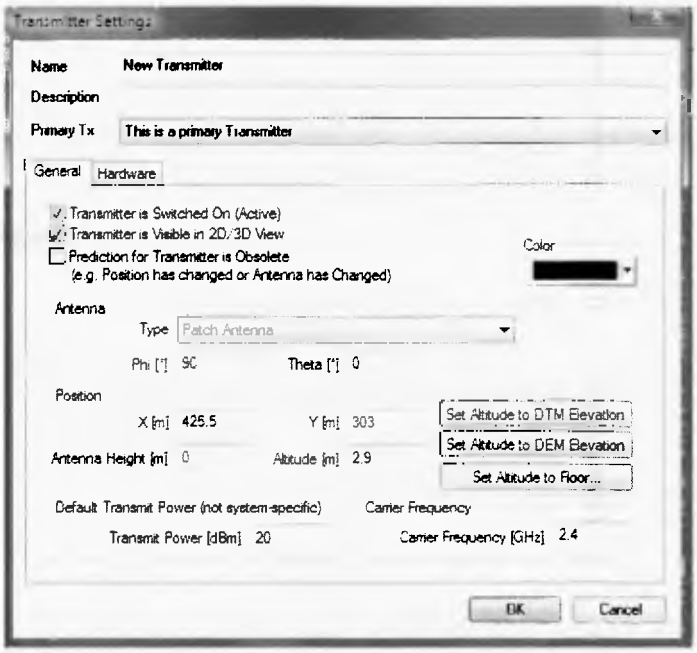


Figura 33. Configuración de un punto de acceso. Piso 6. *Software* RPS

Fuente: *Software* RPS

Con esta nueva configuración se realizaron las simulaciones con el *software* RPS, cambiando del mismo modo la potencia de radiación por una similar a la que permiten los equipos recomendados posteriormente, que soporte los requerimientos de una red de esta magnitud.

Como se puede observar en la figuras 22 y 34, existe una diferencia notable entre la cantidad de AP utilizados para la simulación realizada anteriormente utilizando un punto de acceso con una potencia moderada y una antena de tipo omnidireccional y la simulación realizada con un AP que tiene una configuración similar a la utilizada en una situación real, con la especificación de los equipos que soporten la red deseada.

Con el uso de esta configuración, disminuyen notablemente la cantidad de puntos de acceso a utilizar, lo que facilita la mejor distribución y colocación de los mismos en caso de ser implementado el diseño.

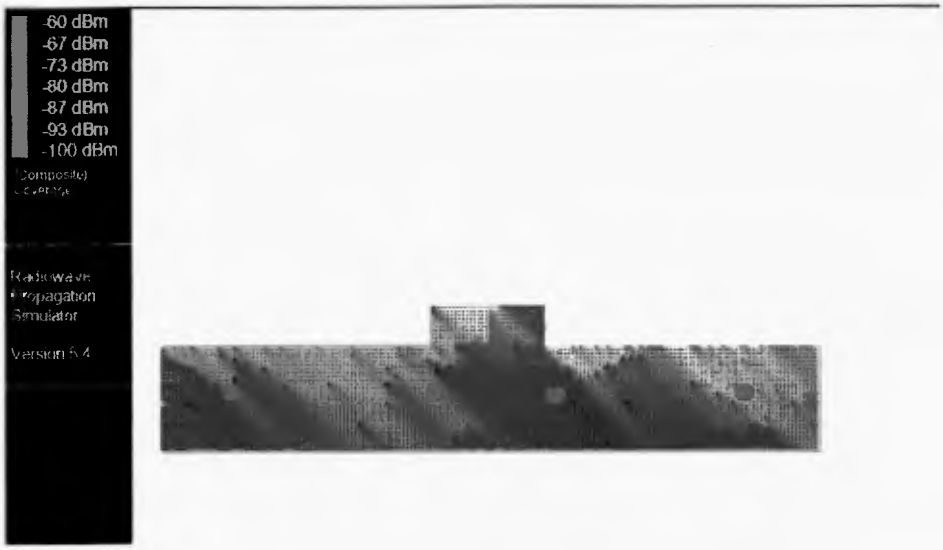


Figura 34. Área de cobertura. Piso 6. Utilizando la nueva configuración. ***Software*** **RPS**

Fuente: Elaboración propia

La escala de potencias mostrada en la figura 34 corresponde a un patrón extraído de la tabla 7 en donde se realizó una investigación sobre la sensibilidad de los receptores. Dicha tabla fue realizada con los datos de dos tarjetas inalámbricas, haciendo un promedio de sus valores.

	DWA-125 Wireless 150 USB Adapter	**DWA-645 RangeBooster N 650 Notebook Adapter**	
Velocidad (Mbps)	**Sensibilidad (dbm)**		**Promedio (dbm)**
54	-68	-69	-68,5
48	-70	-70	-70
36	-74	-74	-74

24	-75	-77	-76
18	-80		-80
12	-82	-83	-82,5
9	-83		-83
6	-84	-85	-84,5

Tabla 7. Comparación de sensibilidad entre dos tarjetas inalámbricas

Fuente: Elaboración propia

En el punto 7 de este capítulo, se presentará un estimado de costos, en el cual están especificadas las características de cada equipo que cumple con los requerimientos técnicos y soporte de una red inalámbrica de este tipo; de ahí es que se tomaron los patrones para realizar los cambios en la configuración de los AP para simular lo más cercano a la realidad y así lograr un estimado más preciso a la cantidad de transmisores necesarios por piso.

En los apéndices se encontrarán las simulaciones descritas anteriormente para los demás pisos (Planta, piso 1, piso 2 y sótano), en donde se indica la cantidad de AP que serán necesarios para el diseño de la red.

IV.5 RENDIMIENTO DE LA RED EN LA MATERNIDAD CONCEPCION PALACIOS

Para simular el rendimiento de la red inalámbrica, se hizo uso del *software* de simulación OPNET MODELER, una herramienta que permite el análisis del desempeño de una red de servicios. A partir del diseño de la topología de red y la selección de indicadores estadísticos, el programa simula la dinámica de los flujos de información en un intervalo de tiempo. (Tutorial OPNET MODELER, 2008)

Para el caso estudiado, se creó un escenario que simula los nueve pisos del edificio de la Maternidad, con un estimado de 80 usuarios utilizando los recursos de la red

simultáneamente. A continuación se explicará detenidamente la configuración de los elementos que componen la red del hospital.

Inicialmente se crearon las aplicaciones principales que serán utilizadas tanto por el equipo médico, como por los pacientes y visitantes. Navegación Web, E-mail y Video Conferencia serán los servicios configurados para ser simulados por OPNET dentro de la red *WIFI*. En la figura 35 se mostrará la configuración de los mismos.

Hay que resaltar que las aplicaciones fueron configuradas con el fin de crear un ambiente extraordinario con un tráfico excesivo para obtener el rendimiento de la red en una simulación donde se muestre el peor caso. La navegación Web se configuró con *heavy browsing* (búsqueda excesiva), el correo se estableció como *high load* (descargas pesadas) y la video conferencia fue configurada como video de alta resolución.

Como se nombró anteriormente, el tipo de personas que concurren a estas instalaciones generalmente son médicos, pacientes y visitantes (las enfermeras entran dentro del equipo médico). Para poder crear la topología de la red, se definieron los perfiles de la misma, es decir, los tipos de usuarios que utilizarán los servicios dentro de la Maternidad. Para ello se crearon tres perfiles, "Médicos", "Visitantes" y "Quirófanos"; los médicos y los visitantes harán uso de dos de los servicios (correo y navegación web) y los quirófanos harán uso únicamente de la videoconferencia. En la figura 36 se muestra la configuración del perfil "Médicos", el cual indica la activación de dos aplicaciones, haciendo uso simultáneo de ellas. Del mismo modo fue configurado el perfil "Visitantes", mientras que para los quirófanos se configuró únicamente la aplicación de video conferencia como se muestra en la figura 37.

Figura 35. Configuración de aplicaciones. *Software* OPNET MODELER

Fuente: Elaboración Propia

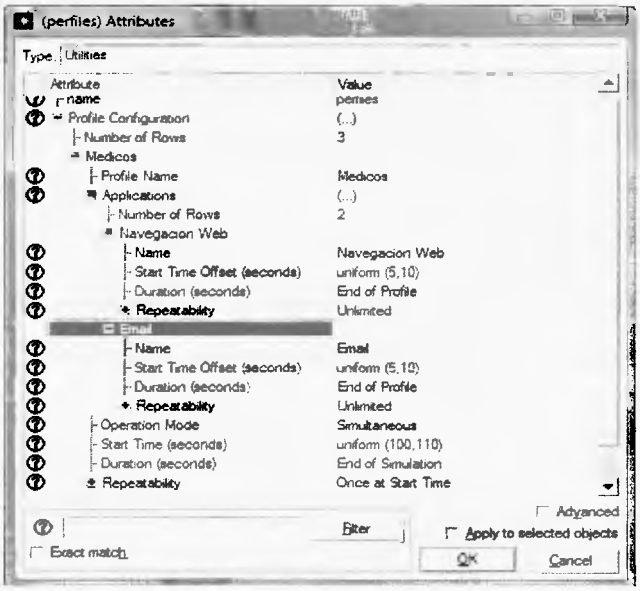


Figura 36. Configuración del perfil "médicos". *Software* OPNET

Fuente: Elaboración propia

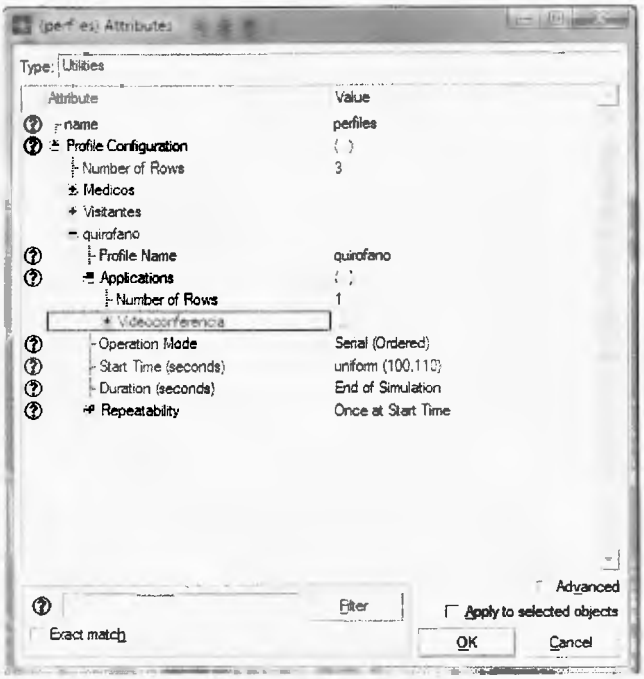


Figura 37. Configuración del perfil "quirófano". *Software* OPNET

Fuente: Elaboración Propia

Luego de realizar la configuración de los nodos de aplicación y de perfil, se procedió a crear el diseño de la topología de red. Para ello, se colocaron cuatro *switchs* genéricos de dieciséis puertos debido a que no se encuentran en el *software* los equipos que se propondrán posteriormente para la implementación de la red.

Para simular cada piso se configuraron LANs con veinte usuarios en cada una por cada tres pisos del edificio, a excepción de la última que sólo abarca el sótano y la planta baja; es decir que a partir del piso uno, se agruparán los mismos en grupos de 3 contenidos en una LAN y para sótano y planta baja otra LAN haciendo un total de cuatro LANs. De esas 20 personas por cada tres pisos, diez corresponden a los médicos y el resto a los visitantes. Además de esto, se colocaron cuatro quirófanos en uno de los pisos para ofrecerle el servicio de video conferencia, mientras que para los otros dos perfiles solo se dará el uso de correo y navegación *web*. Se hizo uso de un servidor genérico, configurado como HTTP, *E-mail* y video conferencia como se muestra en la figura 38. De esta manera se verá la utilización en ancho de banda que tiene la red al momento de utilizar estos servicios.

Figura 38. Configuración del servidor. Software OPNET

Fuente: Elaboración Propia

La simulación tendrá una duración de 10 minutos en una situación real (para el caso del *software* de simulación, se tomará un tiempo aproximado de 6 minutos); a partir del segundo 100 al 110 tanto los médicos como los visitantes y los quirófanos van a hacer uso simultáneo de las aplicaciones y finalizarán en el momento en que termine la simulación. Con esto se creará una red con un gran tráfico de datos lo que va a permitir analizar las gráficas reflejadas en cuanto a ancho de banda y trafico de los enlaces; con esto, se dará un análisis del rendimiento de la red.

Hay que destacar que la simulación realizada con el *software* OPNET corresponde a una simulación básica y sencilla, haciendo uso de una conexión alámbrica; esto se debe a que sólo se está haciendo un análisis lógico en cuanto al consumo de ancho de banda, por lo tanto, la diferencia para este caso entre una red alámbrica y una inalámbrica no existe, debido a que dicho consumo es similar para ambos casos.

En la figura 39 se mostrará el diseño de la topología empleada para realizar la simulación haciendo uso del *software* OPNET.

Al correr la simulación, se obtuvieron gráficas globales correspondientes a un promedio estadístico de toda la red en general, y gráficas específicas que corresponden a estadísticas de cada enlace.

El enlace a analizar será el existente entre el servidor y el *switch* 1, debido a que en la topología real, se tiene un *switch* principal por donde pasan todos los datos antes de ser enrutados hacia sus destinos. La combinación entre el *switch* 1 y el servidor colocados en la simulación realizada con OPNET actúan como el *switch* principal de la situación real. Dicho enlace se elige para su análisis ya que por el mismo se refleja la conexión a internet.

En la figura 40 muestra el retraso en segundos existentes en el enlace, tanto de subida como de bajada, se puede apreciar que dicho retraso es pequeño, aproximadamente de 120 µseg, lo que indica que el enlace está funcionando correctamente y que ese retraso no afecta en la calidad de la red. En la figura 41 se muestran las 2 gráficas de la figura 40 sobrepuestas observándose así que el retraso es básicamente el mismo tanto de subida como de bajada.

En cuanto al rendimiento de la red, se puede observar un promedio de 1200 paquetes por segundo, y se observa que no hay pérdida prácticamente de ningún paquete durante toda la simulación, por lo que se puede decir que dicho enlace posee un buen rendimiento. Esto se puede observar en las figuras 42 y 43.

En las figuras 44 y 45 se observa la utilización del enlace tanto en subida como en bajada, el cual es muy similar para ambos casos. La utilización es aproximadamente del 13% del enlace; para este caso se utiliza una conexión de 100 Mbps, lo que conlleva a que sólo sea necesario un ancho de banda de 13 Mbps para satisfacer todos los servicios que solicita la red. Conociendo este dato, y sabiendo que la Maternidad cuenta con CANTV y su servicio ABA para internet, se sugiere solicitar un aumento de velocidad (2 Mbps) por parte del proveedor para lograr compartir la videoconferencia con otro host fuera de la red interna.

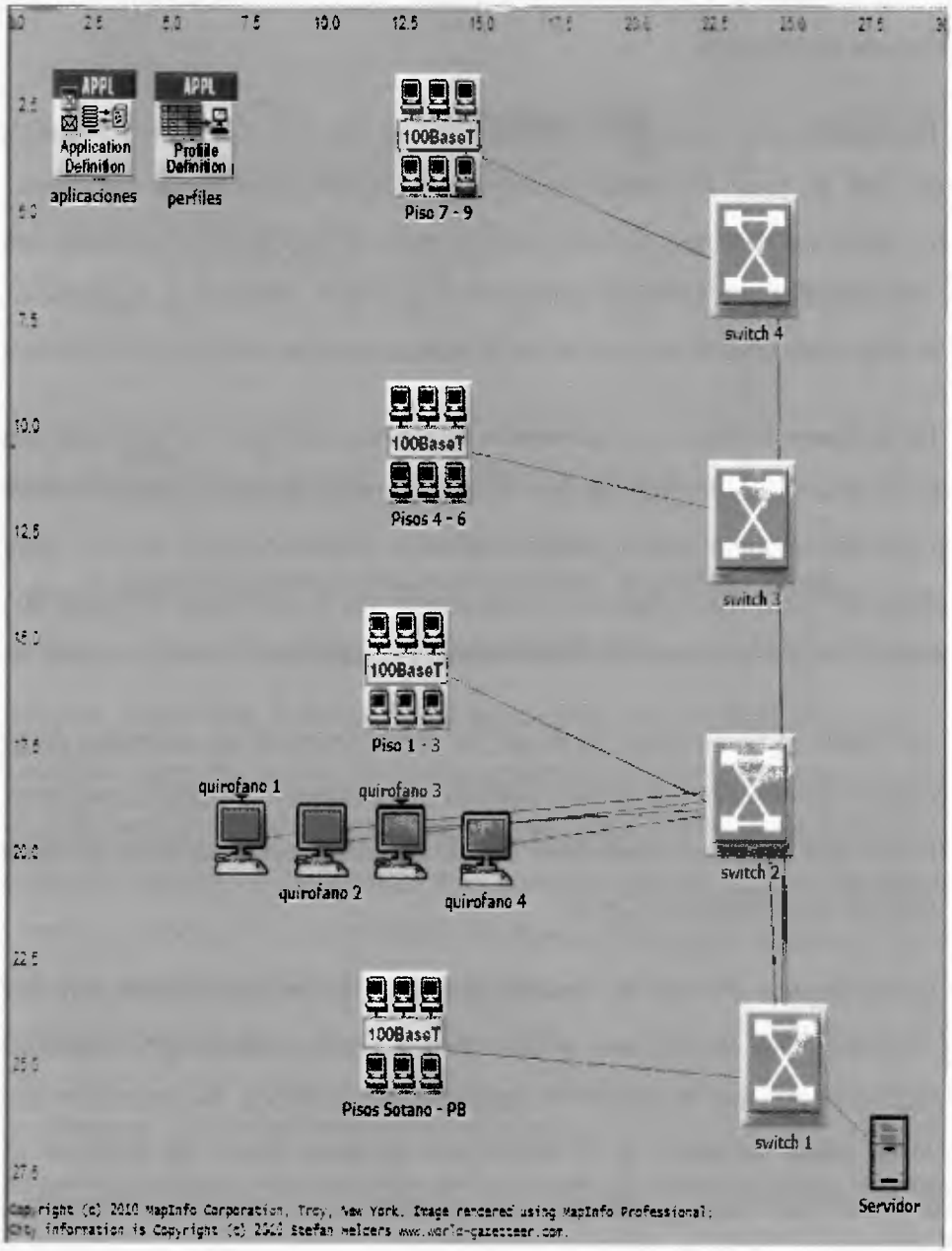


Figura 39. Topología usada en OPNET para el rendimiento de la red

Fuente: Elaboración Propia

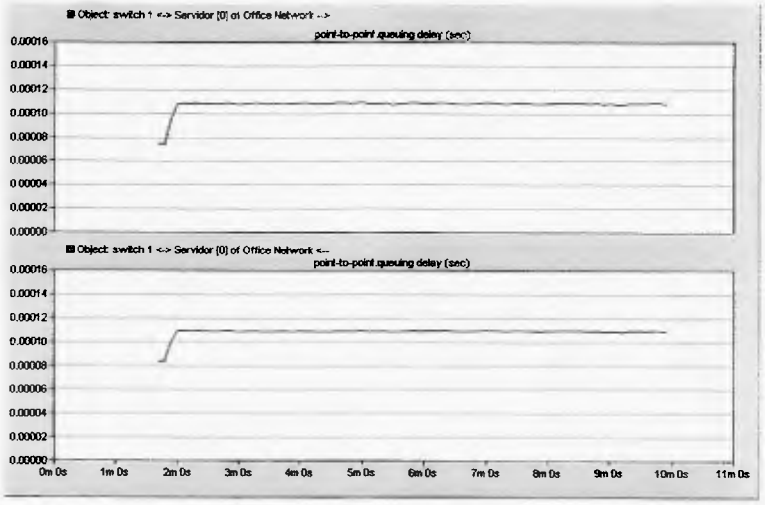


Figura 40. Retraso de los paquetes en segundos en el enlace *switch*1-servidor y servidor-*switch*1

Fuente: Elaboración Propia

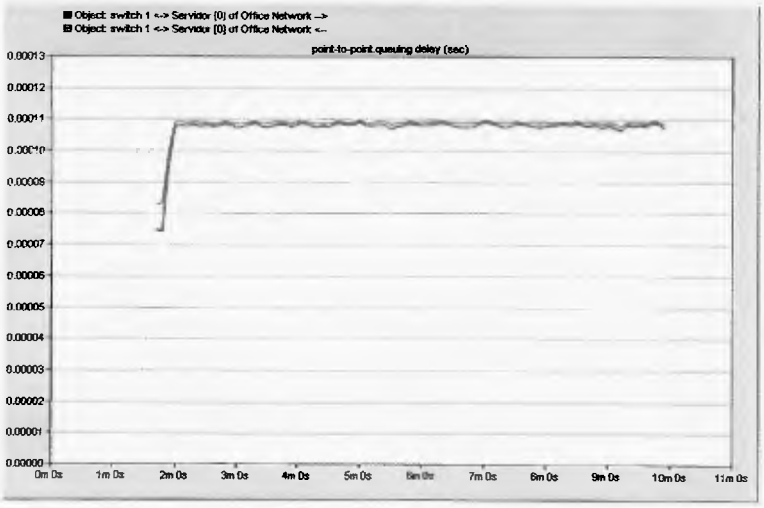


Figura 41. Comparación de retraso en segundos entre el enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1*

Fuente: Elaboración propia

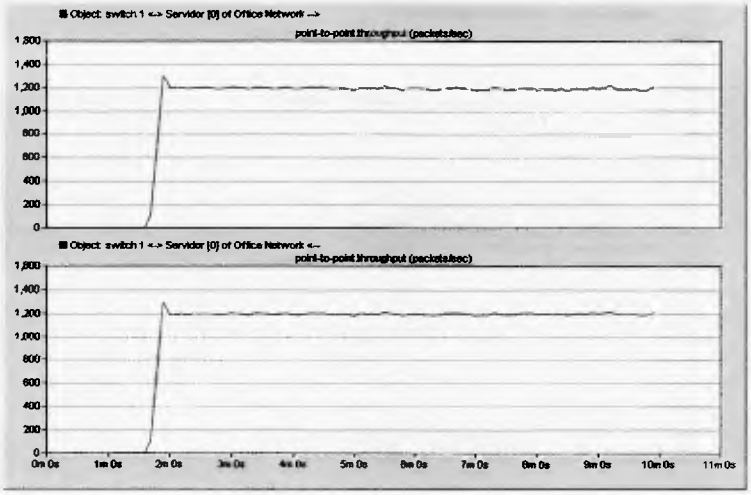


Figura 42. Trafico del enlace switch1-servidor y servidor-switch1

Fuente: Elaboración propia

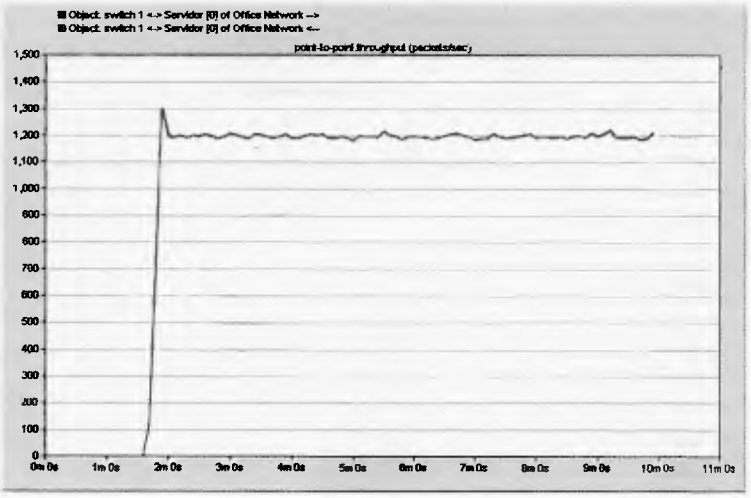


Figura 43. Comparación entre el trafico del enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1*

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que debido al gran ancho de banda que consume el servicio de videoconferencia, solo se podrá compartir con la red externa una sola a la vez, y al mismo tiempo se verán afectados los otros servicios (email y navegación web) en cuanto a rendimiento y velocidad. De igual manera, aunque no se desee llevar la videoconferencia fuera de la red interna, se recomienda aumentar la velocidad de internet para mejorar la calidad de servicio.

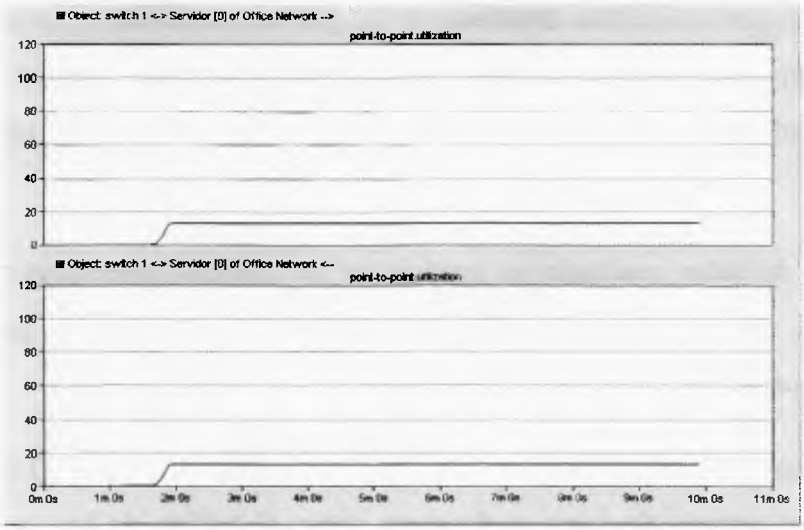


Figura 44. Utilización del enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1*

Fuente: Elaboración propia

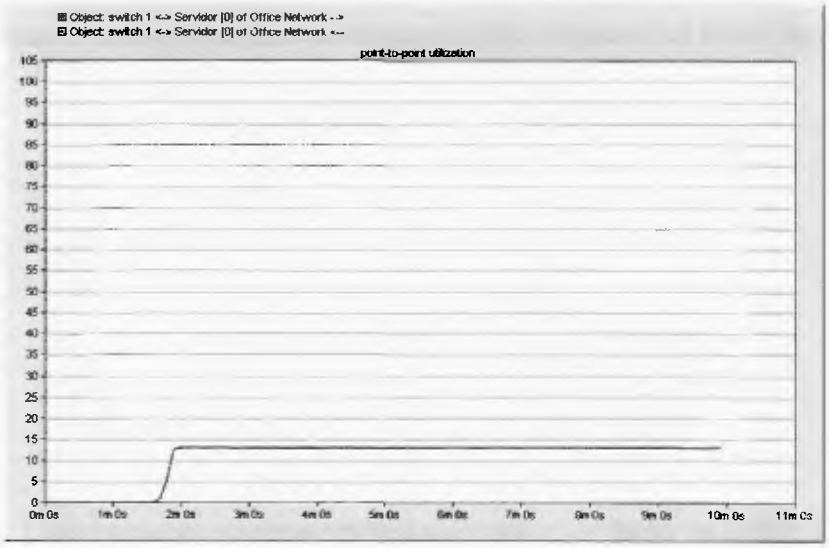


Figura 45. Comparación entre la utilización del enlace *switch1*-servidor y servidor-*switch1*

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que si el enlace principal (switch1-servidor),el cual en la realidad deberá estar conectado al proveedor de servicios, tiene un ancho de banda de 100 Mbps y como se dijo anteriormente, posee un buen rendimiento, y no llega ni a un cuarto de su utilización. Además sabiendo que todo el tráfico de la red debe pasar por dicho enlace, se

puede decir sin hacer un análisis detallado de las gráficas de los otros enlaces, que tienen igual o mayor capacidad, lo que permitirá un rendimiento parecido, o mejor, al mostrado en el enlace principal, debido a que por ellos sólo pasa el tráfico correspondiente a cada uno de sus pisos.

Después de haber realizado un análisis de las gráficas específicas con respecto al enlace principal, se procede a describir los resultados dados por las gráficas globales dependiendo de cada aplicación.

La primera aplicación a analizar será el correo; en la gráfica 46, 47 y 48, se pueden observar tanto el retardo de carga y descarga como el tráfico de bps que utiliza dicha aplicación. El retardo es mínimo, lo que garantizaría una descarga rápida de los *e-mail*. En cuanto al tráfico, se puede decir que la cantidad de datos utilizados en el correo no es una cifra muy grande, solo alrededor del minuto dos, donde se observa un pico, que indica el momento en donde todos los usuarios utilizan simultáneamente el correo electrónico.

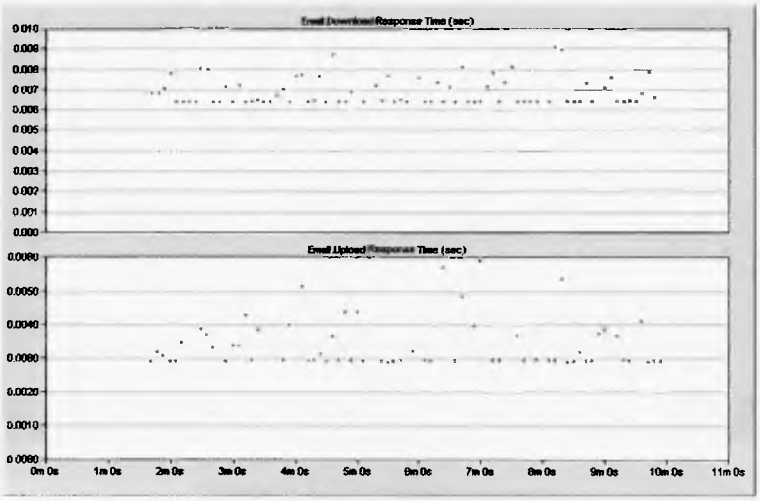


Figura 47. Tiempo de respuesta de subida y de bajada de las peticiones de correo

Fuente: Elaboración propia

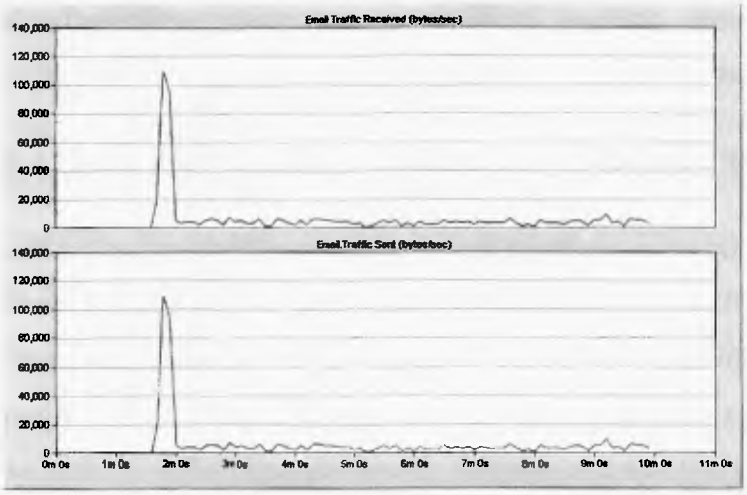


Figura 48. Tráfico enviado y recibido correspondiente al servicio correo

Fuente: Elaboración propia

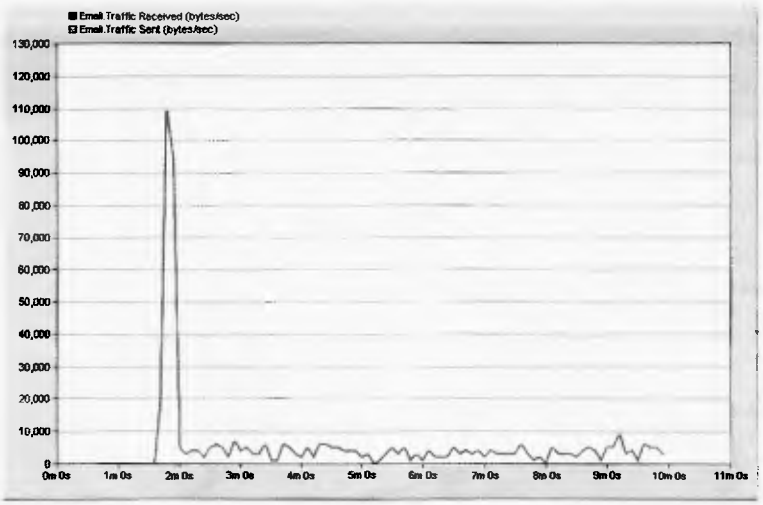


Figura 49. Comparación entre el tráfico enviado y recibido en el servicio correo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados dados por las gráficas de la aplicación navegación web, se comportan de la misma forma que las del correo mostradas anteriormente, con un mínimo retraso y una utilización de ancho de banda poco significativo comparado con la capacidad del enlace. Estas gráficas serán mostradas en el apéndice C, al igual que las correspondientes a la aplicación de videoconferencia, la cual se comporta del mismo modo que las dos

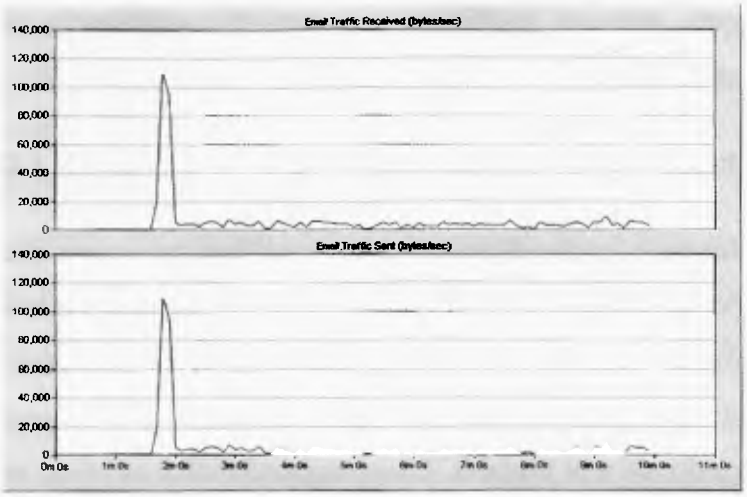


Figura 48. Tráfico enviado y recibido correspondiente al servicio correo

Fuente: Elaboración propia

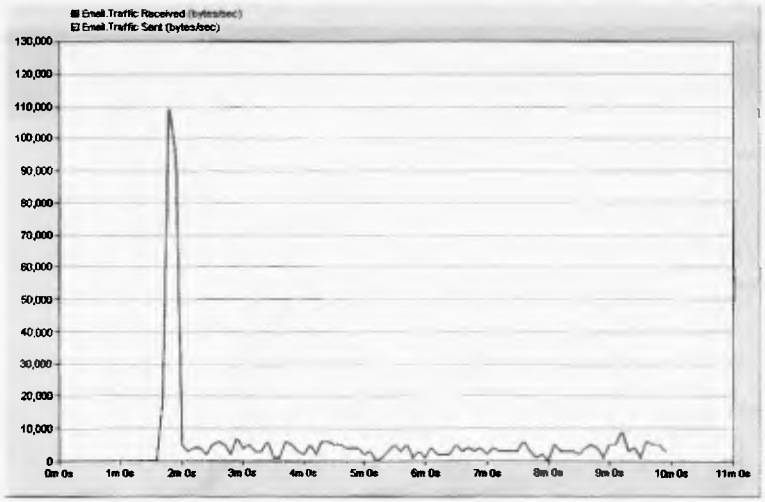


Figura 49. Comparación entre el tráfico enviado y recibido en el servicio correo

Fuente: Elaboración propia

Los resultados dados por las gráficas de la aplicación navegación web, se comportan de la misma forma que las del correo mostradas anteriormente, con un mínimo retraso y una utilización de ancho de banda poco significativo comparado con la capacidad del enlace. Estas gráficas serán mostradas en el apéndice C, al igual que las correspondientes a la aplicación de videoconferencia, la cual se comporta del mismo modo que las dos

aplicaciones anteriores, pero con la diferencia de que esta usa un ancho de banda mayor en comparación con las demás.

IV.6 COMPROBACIÓN DEL DISEÑO DE LA TOPOLOGIA DE RED

Para el diseño de la topología de red se hizo uso de un programa facilitado por CISCO llamado CISCO PACKET TRACER, una herramienta que permite crear topologías de red, configurar dispositivos y simular una red con múltiples representaciones visuales. En este programa se crea la topología física de la red como se muestra en la figura 50 simplemente arrastrando los dispositivos a la pantalla. Luego haciendo *click* en ellos, se puede ingresar a sus cónsolas de configuración. Una vez completada la configuración física y lógica de la red se puede hacer simulaciones de conectividad (pings, traceroutes, etc) todo ello desde las propias cónsolas incluidas.

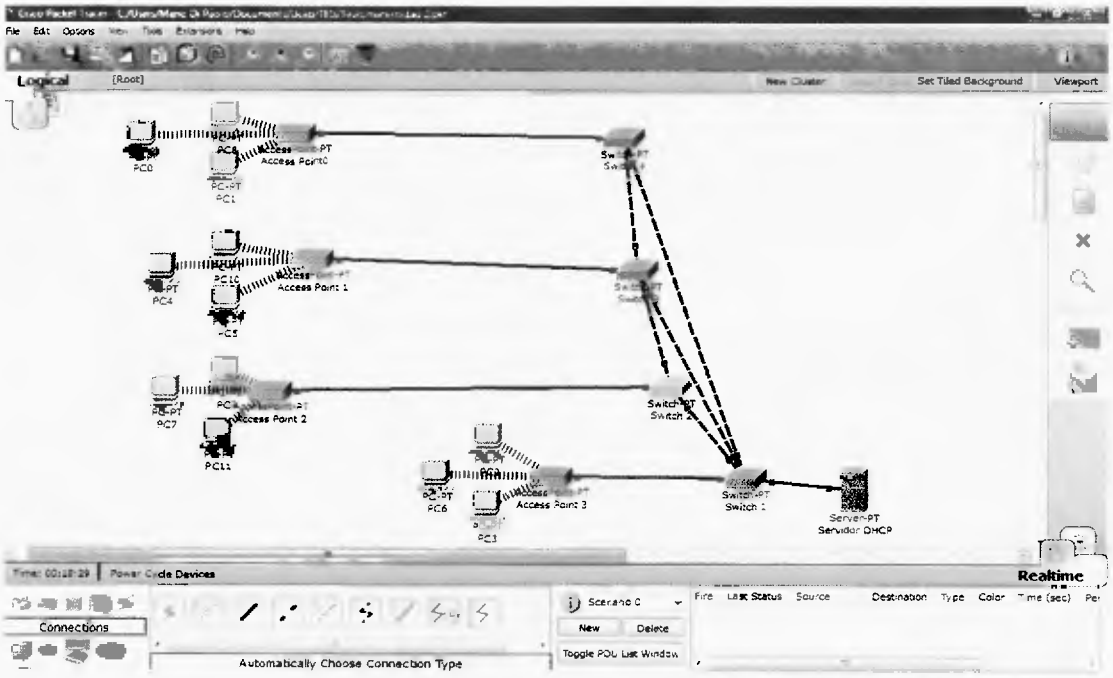


Figura 50. Topología de red diseñada

Fuente: Elaboración propia

En este caso, este programa facilitará la comprobación de la conectividad entre toda la red, configurando un *switch* principal como un servidor DHCP , este se encontrará en planta baja, en la oficina de informática, dicho *switch* estará conectado a internet, a los puntos de

acceso de planta baja y sótano, y a los demás *switchs* en los otros pisos. Para simular el *switch* principal como un servidor DHCP, se conectó un servidor que hiciera la misma función, sabiendo que en la realidad los *switchs* de últimas generaciones poseen capacidad de proporcionar dicho servicio. Hay que destacar que para estas simulaciones se colocaron direcciones IP de prueba que no son recomendadas para la implementación. El servidor DHCP se configuró para que tuviera a su disposición un pool de direcciones IP empezando por la dirección 192.168.2.0 y con un máximo de 254 usuarios como se muestra en la figura 51

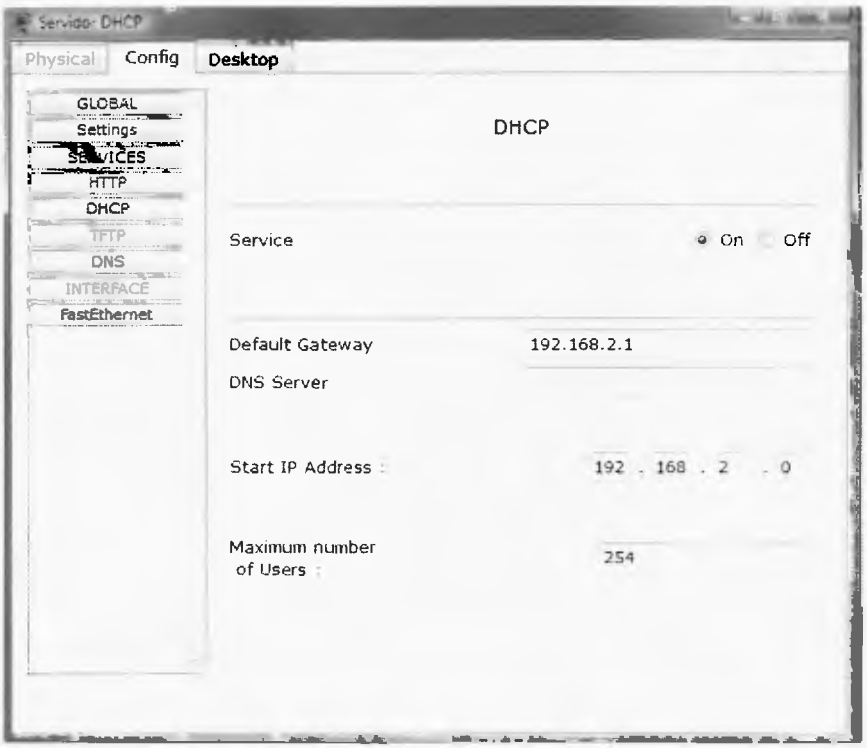


Figura 51. Configuración del servidor como DHCP server

Fuente: Elaboración propia

Hay que resaltar que esta simulación se realizó a una pequeña escala en relación a los AP, es decir, sólo se colocó un punto de acceso por cada *switch*, sabiendo que en la realidad serán muchos más. Esto no afectará el análisis de conectividad, debido a que si se hiciera el diseño de la topología completa de la red, el funcionamiento lógico sería el mismo.

El siguiente paso se agregaron los componentes restantes de la red como los demás *switchs*, los puntos de acceso y dispositivos finales (*host*); estos últimos fueron configurados de forma física debido a que su configuración predeterminada no posee una tarjeta inalámbrica dentro de ellos, es por esto que se procedió a colocarle a cada uno de ellos una tarjeta física proporcionada por el mismo programa de CISCO como se muestra en la figura 52. Después de estar configuradas cada una de las computadoras, estas se asociarán automáticamente al punto de acceso más cercano a ellas.

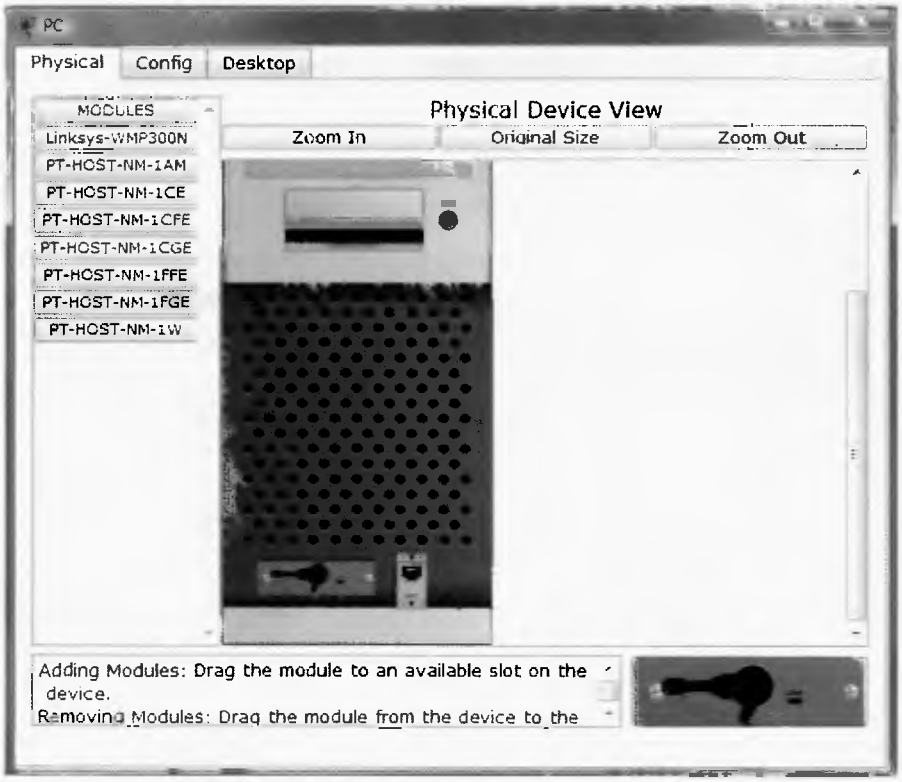


Figura 52. Configuración física de la PC

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se configuró la PC a nivel lógico, indicándole que su configuración IP será por DHCP. Para verificar esta configuración, a partir del desktop de la computadora, se revisó la dirección IP y se observó como se realizó satisfactoriamente la solicitud DHCP, debido a que posee una dirección IP del pool de direcciones indicado anteriormente, al igual que la máscara de red y el *default Gateway*, como se observa en la figura 53.

Figura 53. Petición DHCP por parte de una de las PC

Fuente: Elaboración propia

Para comprobar la interconectividad entre la red, se realizaron 2 pruebas que consisten en enviar una solicitud ICMP (ping) entre dos *host* de la misma red, y otra entre un *host* y el servidor; si estos paquetes llegan a su destino, se garantizará que todos los dispositivos finales de la red tengan un acceso lógico a los servicios que esta ofrece. Esta prueba se puede observar en las figuras 54 y 55. Además de estas pruebas, el *software* PACKET TRACER, trae unos indicadores en los diferentes puertos de cada dispositivo, los cuales con una luz verde indican que la interconectividad de la red está funcionando correctamente.

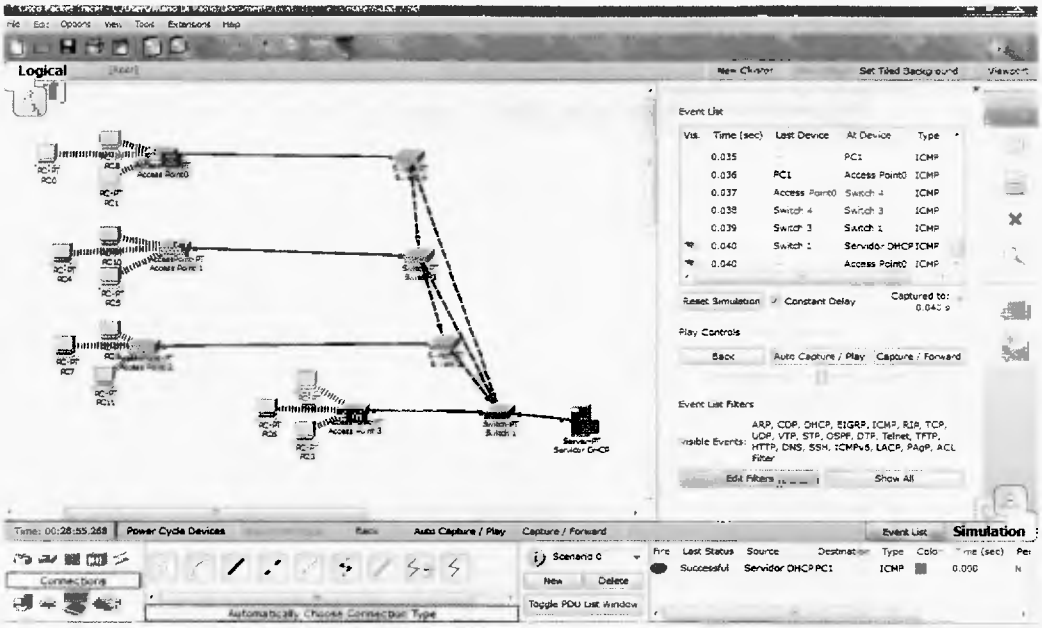


Figura 54. Ping entre servidor y una PC de la red

Fuente: Elaboración propia

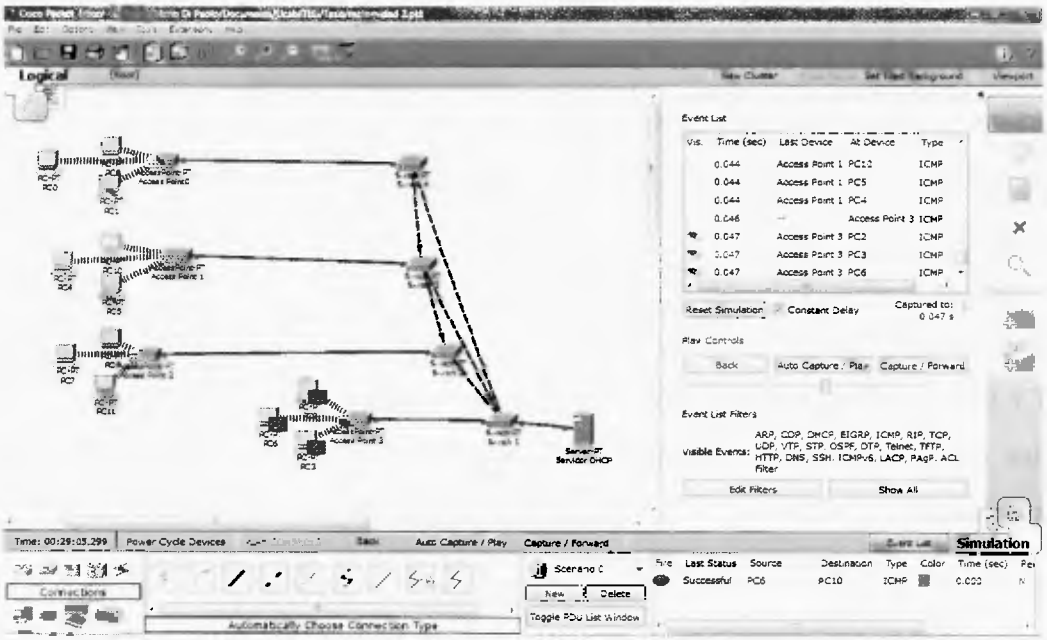


Figura 55. Ping entre dos PC de la red

Fuente: Elaboración propia

IV.7 ESTRUCTURA Y CABLEADO PARA LA RED WIFI DE LA MATERNIDAD CONCEPCION PALACIOS

El diseño de la red WIFI para la Maternidad Concepción Palacios consiste en una estructura sencilla compuesta por 4 *switchs*, 58 puntos de acceso y cables UTP categoría cinco y seis. Estos equipos están distribuidos a lo largo de toda la infraestructura del edificio con el fin de proporcionar los servicios requeridos para este proyecto. Hay que destacar que en cuanto al tipo de cable UTP, los categoría 5 tienen una capacidad de hasta 100 Mbps, mientras que los de categoría 6 alcanzan hasta 1000 Mbps.

Se cuenta con un *switch* principal, que se encontrará en la sala de informática en planta baja, el mismo tendrá 2 conexiones, la primera por medio de un cable UTP categoría 5, al modem de banda ancha encontrado en la misma sala, y la segunda conexión tipo estrella con los demás *switchs* de los pisos 2, 5 y 8 por medio de un cable UTP categoría 6. Hay que destacar que se utiliza un cable de categoría 5 para la conexión entre el *switch* principal y el modem debido a que el puerto LAN ETHERNET del modem que se encuentra en la Maternidad es hasta 100 Mbps. Cada *switch* secundario dará alimentación a los AP de tres pisos. Los mismos se encontraran a lo largo de los pasillos, colocados sobre el techo de *drywall*. El cableado que conectará los *switchs* y los AP irá por la parte interna del techo si va a recorrer un piso, mientras que si va a subir de piso, lo hará por la estructura de los ascensores.

Los *switchs* deberán estar alimentados por una corriente AC para su funcionamiento, los puntos de acceso (recomendados en el siguiente punto), no necesitaran de esta conexión debido a que son alimentados por el mismo cable UTP, proveniente de los *switchs* gracias a la tecnología *Power Over* ETHERNET.

IV.1.8 COSTOS DE INFRAESTRUCTURA

A continuación se muestra una posible solución de infraestructura, la cual da funcionamiento a la topología indicada anteriormente, y en donde se especifica tanto el nombre de los equipos como el costo de los mismos.

Para llevar a cabo la implementación de esta red se requiere de una diversidad de equipos con características específicas. Se presentará la descripción de cada uno de ellos y además se mostrará una tabla de costos de equipos que cumplen con dichas características.

Es necesario el uso de puntos de acceso robustos debido al lugar donde serán ubicados. Se recomienda que tengan una potencia de mínimo 20 dBm y que no incluyan una antena omnidireccional interna; esto último es de suma importancia debido a que es necesario el uso de una antena direccional externa que garantice la mayor cobertura a los lugares deseados. Dichas antenas deben de tener una ganancia mínima de 6 dBi, conocidas en el mercado como *Patch Antenna.*

Los *switchs* a utilizar deben tener la capacidad de ser configurados como DHCP *server* (por lo menos el principal), y poder utilizar el protocolo NAT (*Network Address Translation*). Se recomienda que los *switchs* tengan minimo 24 puertos que soporten una conexión Gbit ETHERNET.

A continuación se mostrará un estimado de costos con equipos recomendados para esta implementación.

Estimado de costos

Equipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo Total (USD)	Costo unitario (BsF)	Costo Total (BsF)
Access Points	Access Point inalambrico compatible con 802.11n y PoE (802.3af), con opcion para colar antenas externas	58	774.95	44947.10	3332.29	193272.53
Antenas para Access Points	Antena direccional de 6 dbi de ganancia para	109	226.8	24721.20	975.24	106301.16

	los puntos de acceso					
Switchs	Switch de 24 puertos ethernet 10/100/1000 con PoE. Soporta *Advance Service Ip* permite trabajar en capa 3	4	4826.99	19307.96	20756.06	83024.23

Total	**88976.26 USD**	**382597.92 BsF**

Tabla 8. Tabla de costos

Fuente: Elaboración Propia

Los equipos considerados no son de uso domestico; son utilizados para construcción de redes de grandes magnitudes, con el respaldo necesario para garantizar un buen rendimiento de la misma.

Hay que destacar que el modelo de AP que se utilizó para las pruebas en la Maternidad Concepción Palacios es de uso doméstico, con una Potencia de Transmisión relativamente baja comparado con los modelos de Punto de Acceso que se encuentran hoy día en el mercado como los mostrados anteriormente en la tabla de costos. Es por esto que, al realizarse las simulaciones y obteniendo una cobertura necesaria para ofrecer el servicio en todos los pisos, con el uso de los AP recomendados, se garantizaría una red con un total funcionamiento y con una menor cantidad de transmisores para cada piso.

En los anexos se podrán observar algunos equipos que cumplen con las características y requerimientos recomendados anteriormente.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

En este trabajo especial de grado, se desarrolló exitosamente el diseño detallado de la red inalámbrica para 9 pisos de la Maternidad Concepción Palacios. A partir de los resultados obtenidos en el *Site Survey* (Campaña de medición), se determinó que el modelo de propagación COST 231 MWM (*Indoor*) es el más apropiado para los fines del proyecto y mostró un error promedio de 11.56 dBm respecto a los valores medidos.

A raíz de este resultado, se concluye que el *software de* simulación no es una herramienta precisa para estimar el nivel de potencia en cada punto de la localidad; sin embargo, es una herramienta sumamente útil para hacer una planificación de cobertura en una etapa de diseño y de esta forma tener una idea aproximada de la huella que proporciona cada punto de acceso.

El estudio de los fenómenos de propagación relacionados con el estándar 802.11 en sus diferentes variantes, es un paso importante en la implementación de cualquier solución inalámbrica, ya que el mismo brinda la seguridad y la data necesaria para establecer comparaciones y conclusiones acerca de los mejores puntos de instalación, y puede llegar a reducir enormemente los costos que involucran.

Es importante resaltar, que el diseño no garantiza el buen rendimiento del servicio en todas las áreas de cobertura, dado que no se calculó la relación señal a ruido existente en cada localidad.

Los AP se ubicaron en puntos donde se proporciona cobertura a las zonas donde se solicitó la conexión inalámbrica, y se hizo una planificación para evitar interferencia entre los componentes de la solución. De esta forma se prevé que la solución no tendrá problemas de interferencia en el momento de la implementación.

Las antenas omnidireccionales tienen un patrón de radiación de 360°, esto es una desventaja para el desarrollo de una red inalámbrica diseñada piso por piso, debido a que se desperdicia potencia en el eje vertical. Es por esto que se utilizó una antena de tipo

bidireccional conocida como IN-Building recomendada en el capítulo IV en el análisis de costos.

Es de suma importancia tener conocimiento del rendimiento de la red en cuestión, con esto, se podrán ofrecer servicios a una cantidad estimada de usuarios, sin saturar la misma. La capacidad de los puntos de acceso seleccionados en cuanto a la cantidad de equipos que pueden mantener conectados a la vez, es suficiente para soportar el número de host por piso que usarán estos servicios regularmente. Además se garantiza que si se aumenta en un porcentaje la cantidad de usuarios que utilizan los servicios básicos (correo y navegación web), la red soportará este cambio debido a que el ancho de banda utilizado por ellos es poco significativo comparado con la capacidad de los enlaces, aunque su velocidad bajará dependiendo de la cantidad de usuarios nuevos. A diferencia de la videoconferencia que usa un porcentaje considerable de utilización, lo cual causaría un cambio importante en el rendimiento de la red.

Al momento de realizar proyectos de esta índole, es importante buscar productos en el mercado con tiempo y comparar la calidad y el precio, así como también comprobar su disponibilidad para el momento en que sean requeridos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que el estudio de coberturaeste acompañado del correspondiente *Site Survey* para corroborar o corregir los datos obtenidos en las simulaciones de cobertura. Hay infinidad de variables que influyen en la propagación de las señales, tales como los materiales que las mismas se encuentren en su camino, difracciones, rebotes, interferencias por mencionar algunos.

Si se desea aumentar la cantidad de usuarios que tendrán acceso a la red, se recomienda solicitar al proveedor de servicios un aumento en el ancho de banda para mantener la capacidad y el rendimiento de la misma estable y no disminuir la calidad de servicio.

Como se muestra en el capítulo IV, en los análisis de costos, se recomienda el uso de equipos robustos con las especificaciones dadas, que soporten una red de esta magnitud y las condiciones a la que se van a encontrar.

Si no es posible conseguir los puntos de acceso sugeridos en el capítulo anterior, se recomienda de igual forma, conseguir AP a los que sea posible conectarles antenas externas con las especificaciones dadas, de manera que se puedan poner sobre el techo y que solo sobresalga la antena, como la mostrada en los anexos.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, A. (s.f.). *802.11n. El próximo gran avance de la tecnología.* Recuperado el 19 de 05 de 2010, de http://www.apple.com/es/wireless/80211/

- Anónimo, A. (s.f.). *Redes Inalámbricas WIFI: problemas con clientes/colisiones.* Recuperado el 19 de 05 de 2010, de http://www.virusprot.com/cursos/Redes-inalámbricas-Curso-gratis13.html/

- Bradley, M. (s.f.). *The 802.11 Family Explained.* Recuperado el 30 de 06 de 2010, de http://compnetworking.about.com/cs/wireless80211/a/aa80211standard.htm

- Cichon, D. y. (1997). *Propagation Prediction Models. Alemania.* Recuperado el 09 de 2010, de http://www.it.lut.fi/kurssit/04-05/010651000/Luennot/Chapter4.pdf

- CISCO. (s.f.). *Antenna Product Portfolio For CISCO Aironet 802.11n ACCESS Pints.* Recuperado el 02 de 08 de 2010, de http://www.CISCO.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps7183/ps469/at a glance c45513837.pdf

- CISCO. (s.f.). *CISCO Aironet 1260 Series ACCESS POINT.* Recuperado el 01 de 08 de 2010, de http://www.CISCO.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps10980/datasheet c78593663.html

- CISCO. (s.f.). *CISCO Catalyst 3750 series switchs.* Recuperado el 01 de 08 de 2010, de http://www.CISCO.com/en/US/prod/hw/switches/ps5023/index.html

- CISCO. (s.f.). *CISCO Catalyst 3750G-24PS- switch-24 ports (WS-C3750G-24PS-S).* Recuperado el 02 de 08 de 2010, de http://amazon.com7CISCO-catalyst-3750G-24PS-switch-WS-C3750-24PS-S/dp/B00076S3BU

- CISCO. (s.f.). *Curso en linea: "Wireless Technology".* Recuperado el 2010

- COST 231 group final report: D.J Cichon, T. K. *Capitulo 4: Propagation Prediction Models.*

- Costcentral. (s.f.). *CISCO Aironet 1260 Series ACCESS POINT.* Recuperado el 02 de 08 de 2010, de http://www.costcentral.com/proddetail/CISCO Aironet 1260 Series ACCESS POINT /AIRLAP1262NNK9/1115860/

- Dlink. (s.f.). *DWA- 645 RangeBooster N 650 Notebook Adapter.* Obtenido de http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=927

- Dlink. (s.f.). *DWA-125 Wireless 150 usb Adapter.* Recuperado el 01 de 08 de 2010, de http://www.dlinkla.com/home/productos/producto.jsp?idp=1307

- IEEE. (2009).

- Kayne, R. (s.f.). *What is 802.11n?* Recuperado el 19 de 05 de 2010, de http://www.wisegeek.com/what-is-80211n.html/

- Loaiza, G. y. (s.f.). *Site Survey.* Recuperado el 19 de 05 de 2010, de http://redeswlan.comli.com/index.php/redes-wlan/13-site-survey.html

- Opnet. (s.f.). *Tutorial OPNET MODELER.* Recuperado el 15 de 08 de 2010, de http://digitales.itam.mx/laboratorios/laboratorioOG/practicas/tutorialopnet.pdf

- Pellejero, I. (2006). *Fundamentos y aplicaciones de seguridad en redes WLAN: de la teoría a la práctica.* Marcombo.

- Rodriguez, E. (11 de 02 de 2008). *Evolución de redes inalámbricas.* Recuperado el 22 de 05 de 2010, de http://www.maestrosdelweb.com/princiantes/evolución-de-las-redes-inalambricas/

- Roldan M, D. (2005). *Comunicaciones en redes WLAN: WIFI, VoIP, multimedia, seguridad.* Creaciones Copyright.

- Smitch, R. (2003). *WIFI home networking.* Mc Graw Hill Professional.

- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadores.* New Jersey, USA: Prentice Hall.

- Tanenbaum, A. S. (2003). *Computer Networks.* New Jersey, USA: Prentice Hall.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Digitalización de planos

Plano Piso 1(Software Autocad)

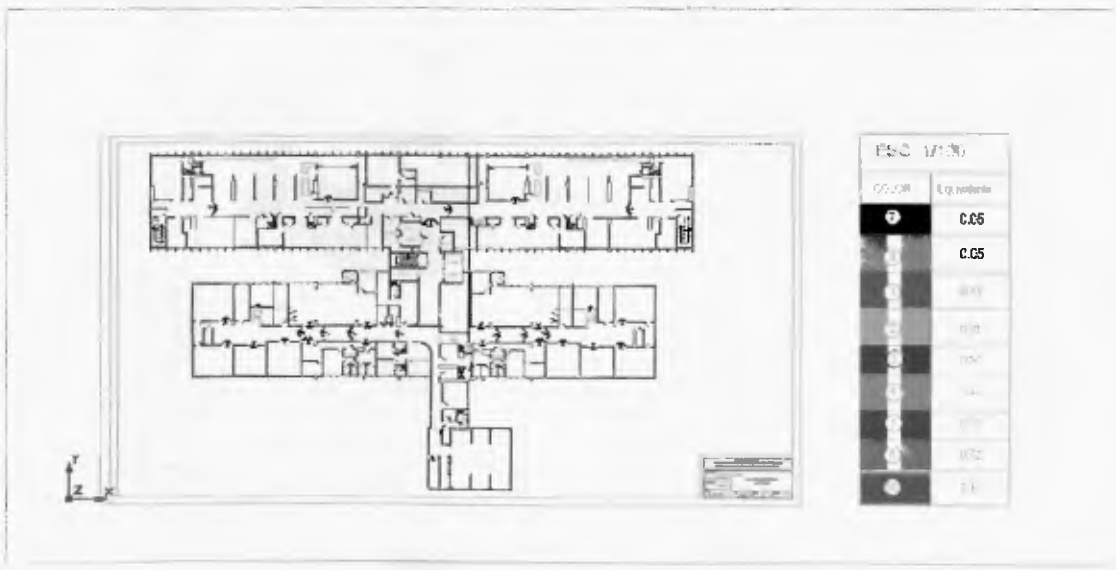


Figura. Plano piso 1.

APÉNDICE B

Software RPS

Ubicación de los puntos de acceso en el sótano

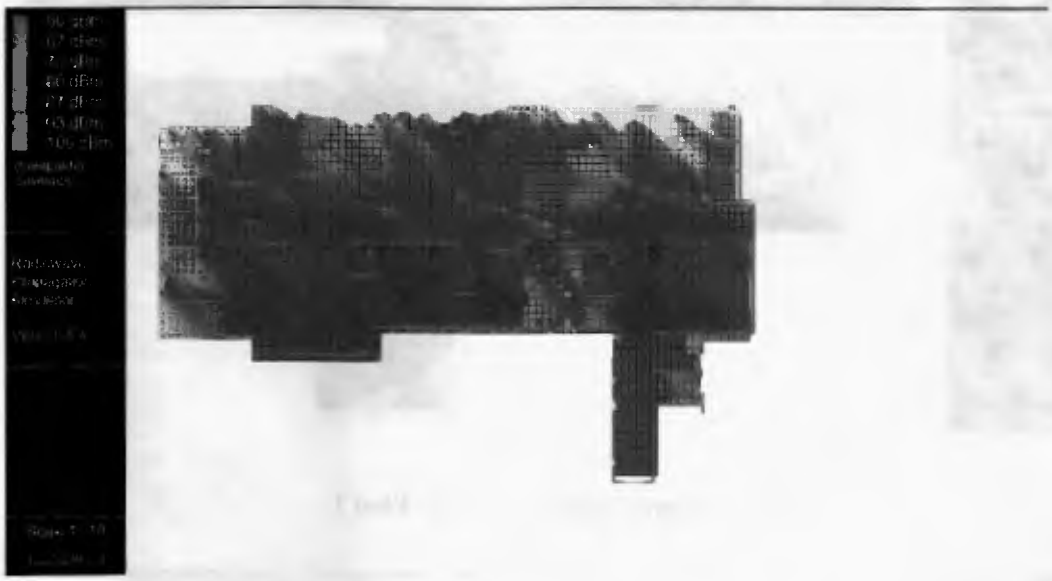


Figura. Software RPS. Sótano

Figura. Software RPS. Sótano 3D

Ubicación de los puntos de acceso en el piso 1

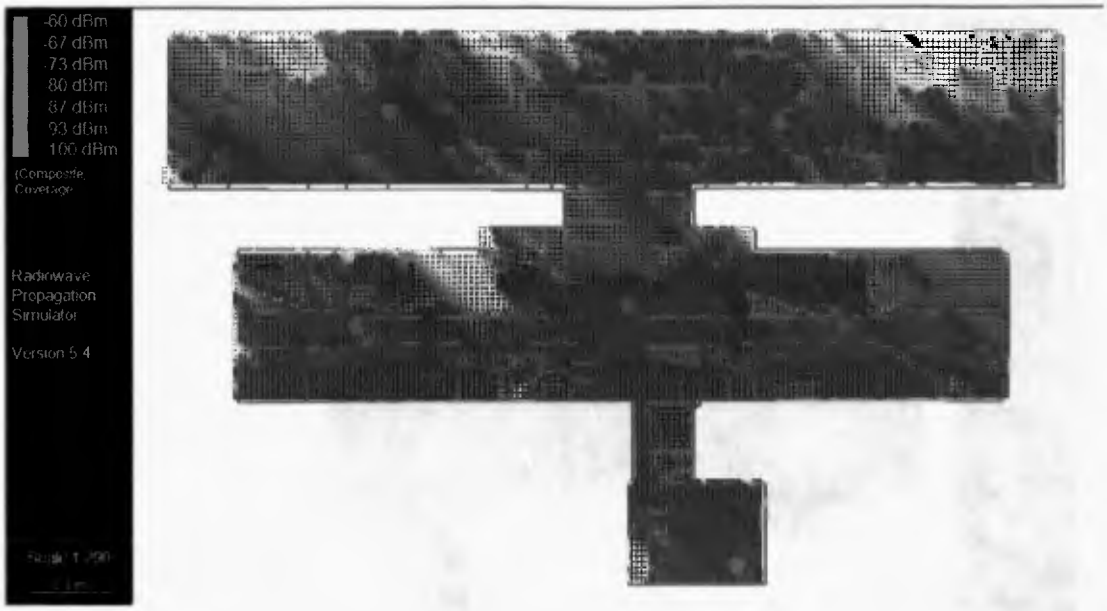


Figura. Software RPS. Piso 1

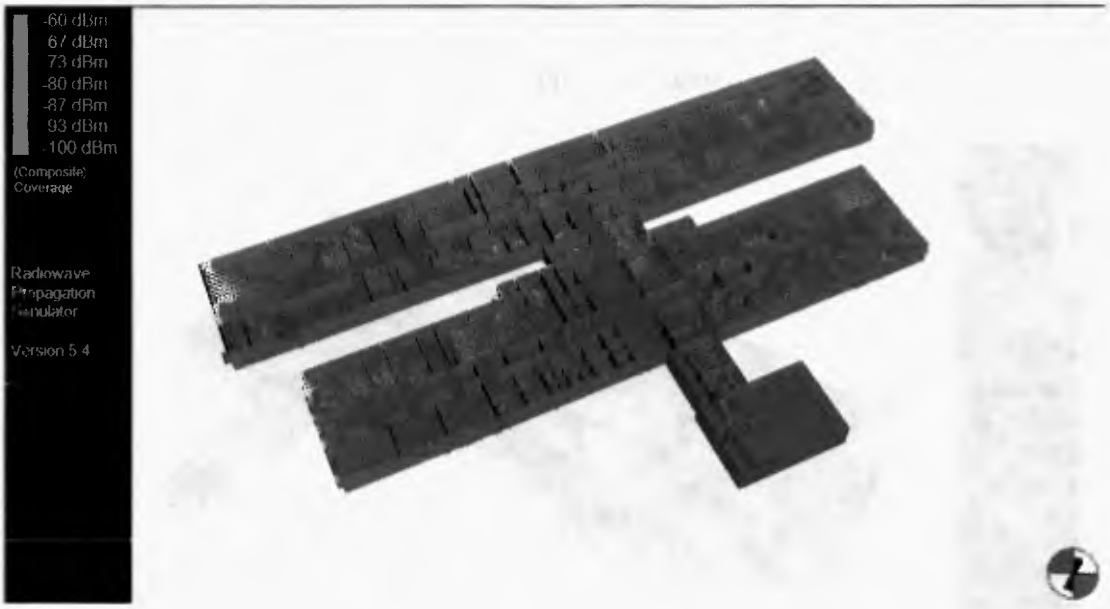


Figura. *Software* RPS. Piso 1 3D

APÉNDICE C

OPNET

Enlace *switch1-switch2*

Retraso del enlace

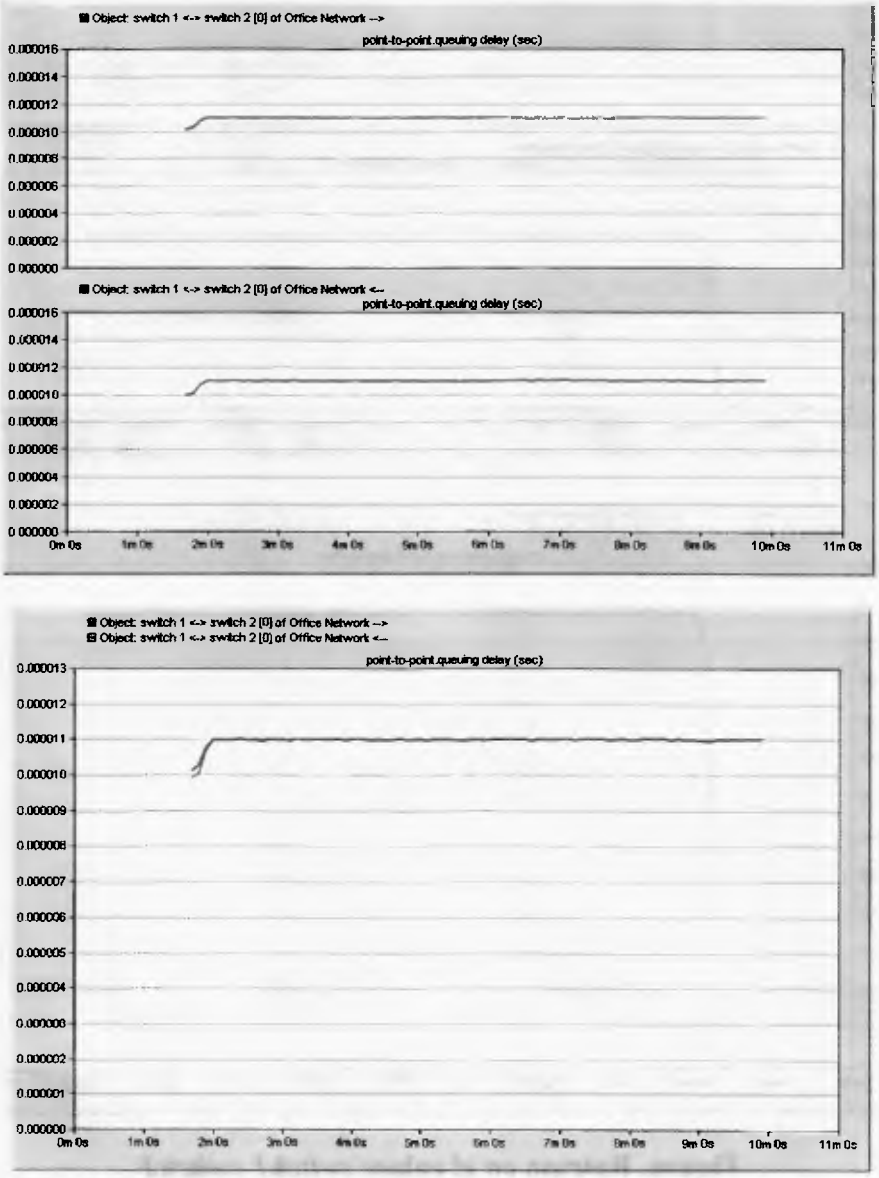


Figura. Retraso enlace *switch1-switch2*

Tráfico

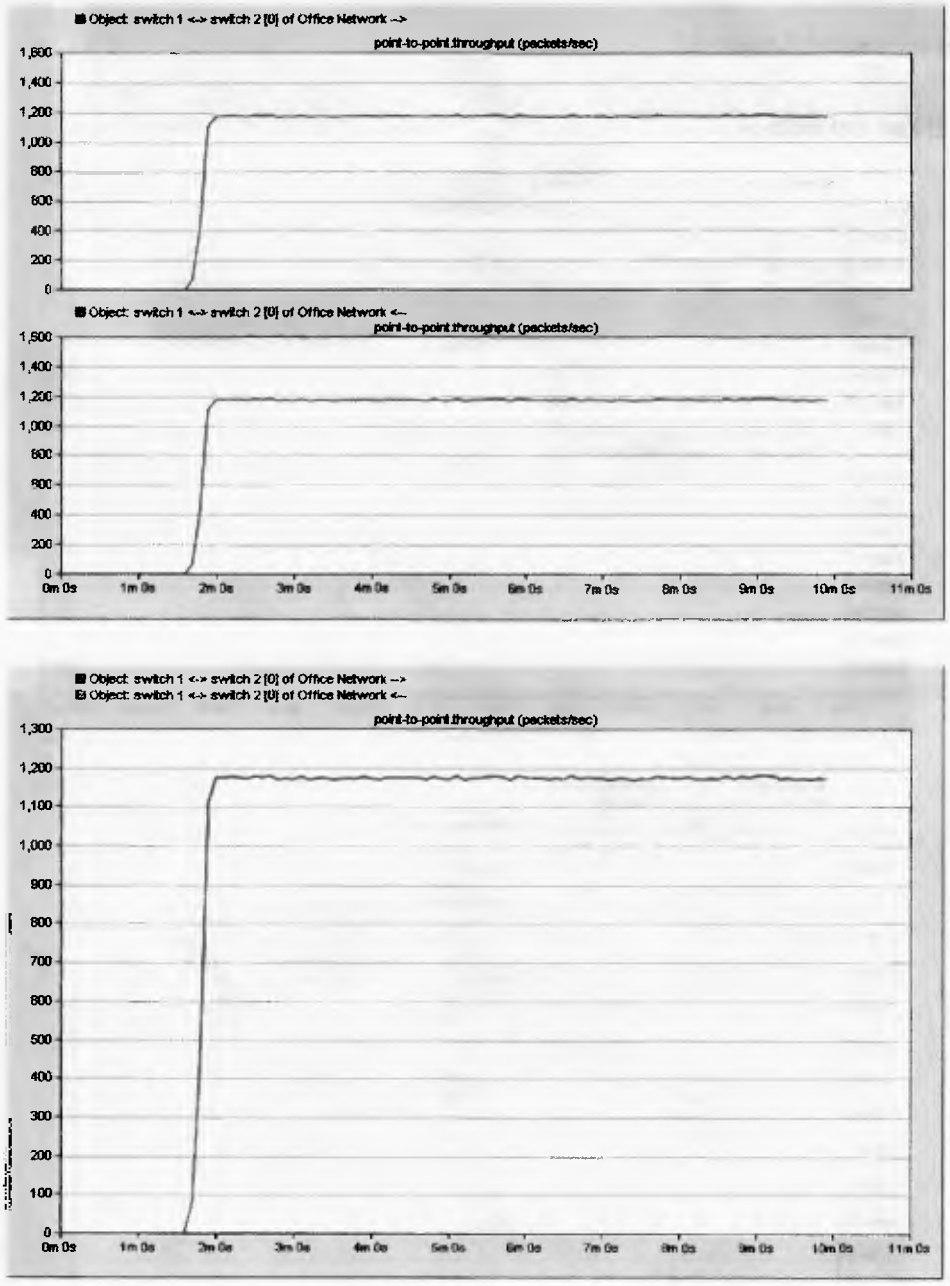
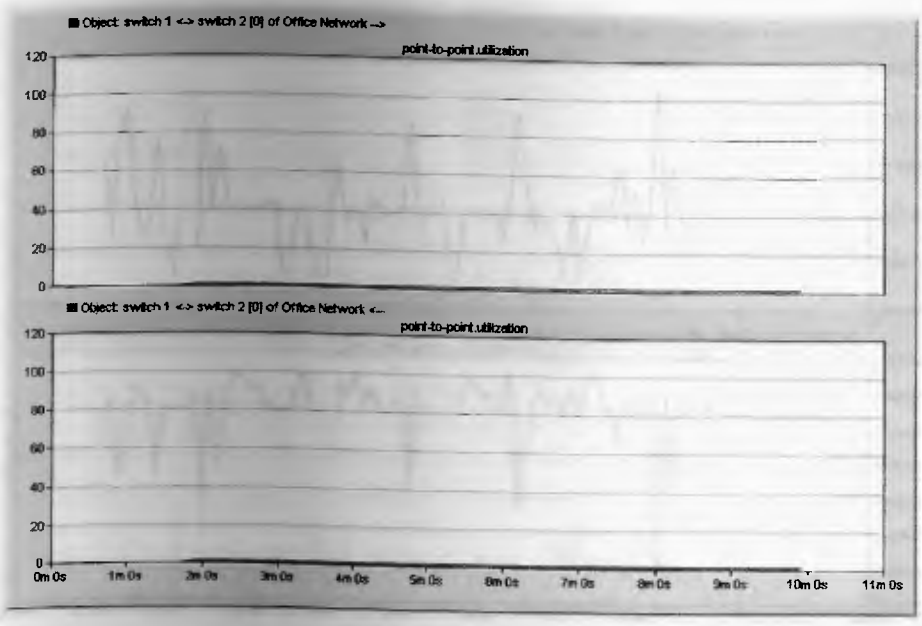


Figura. Retraso en el enlace *switch1-switch2*

Utilización



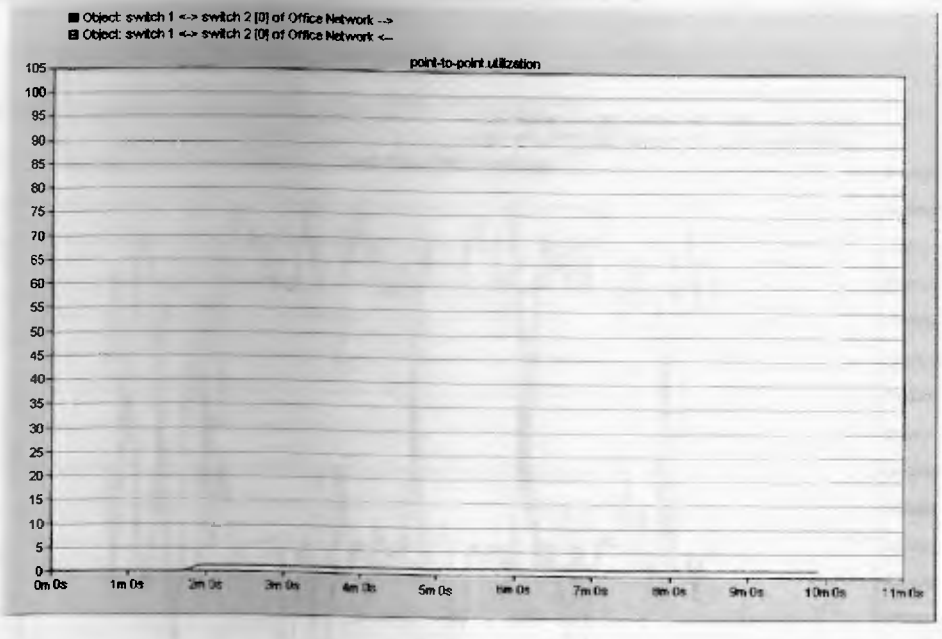
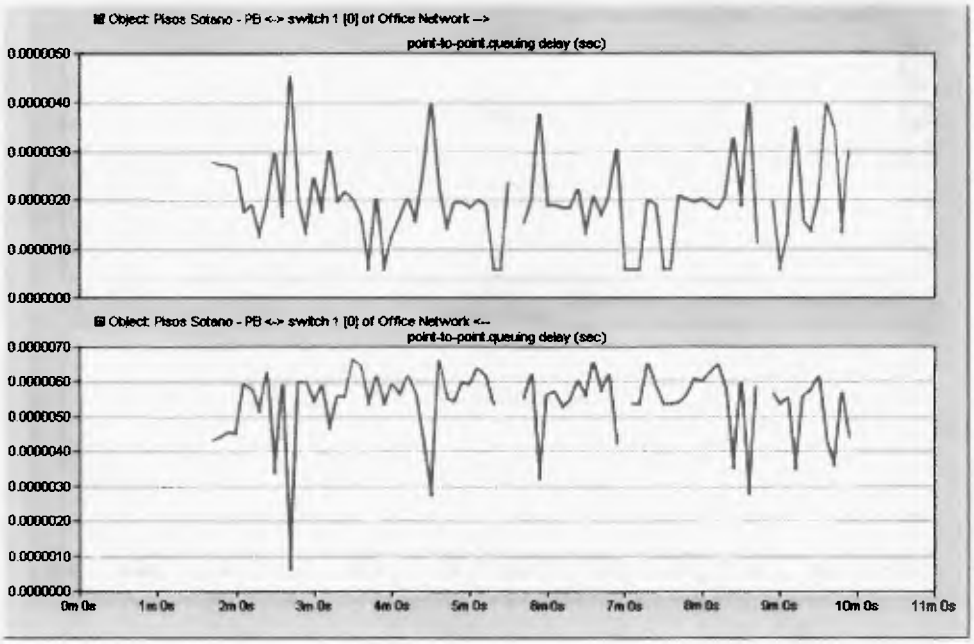


Figura. Enlace *switch1-switch2*

Enlace switch1-Sotano-PB

Retraso del enlace



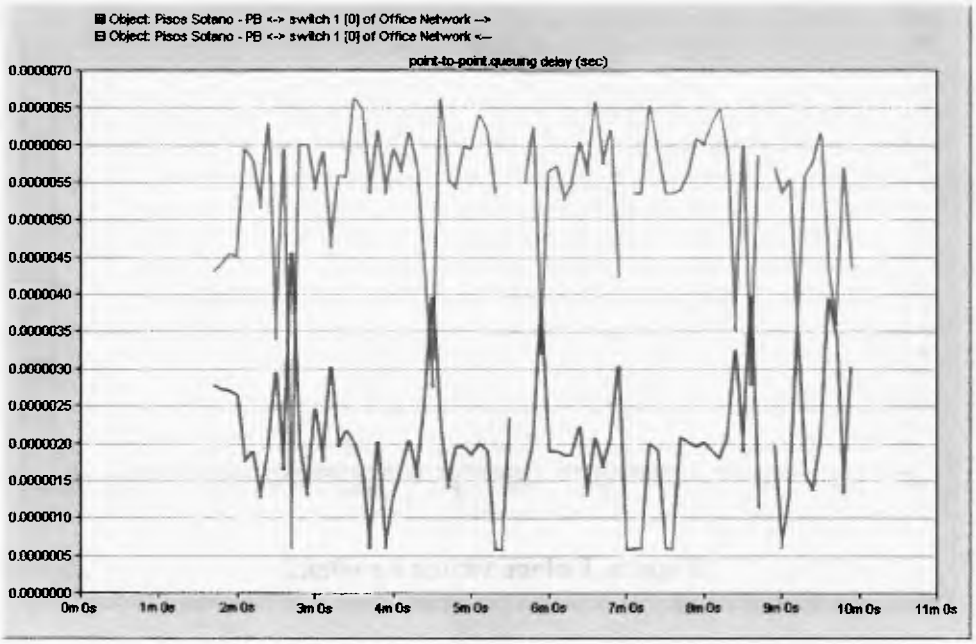
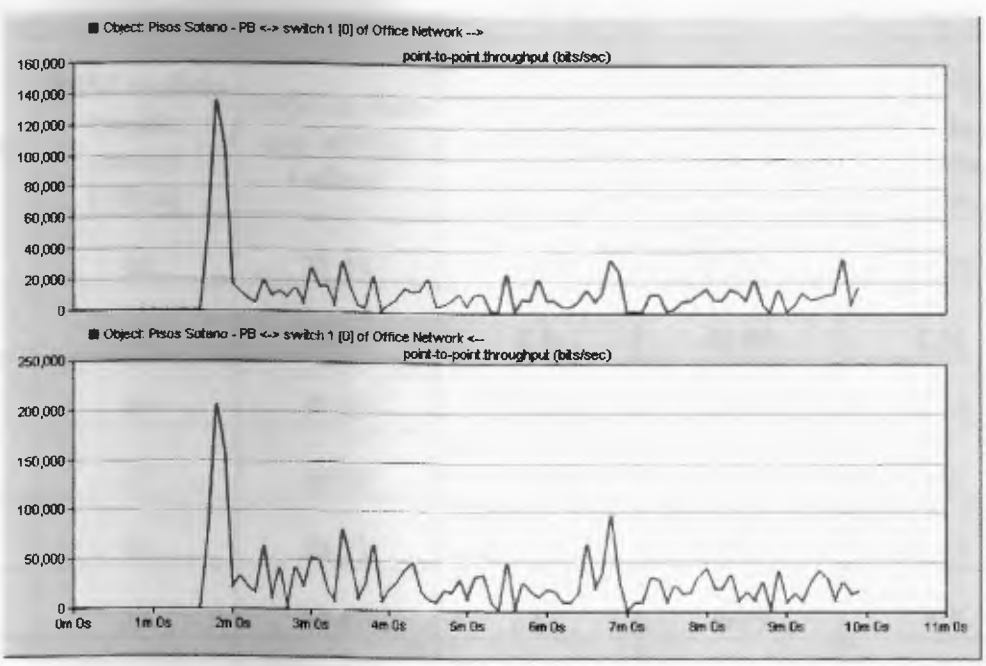


Figura. Retraso del enlace *swich1*-Sotano-PB

Tráfico



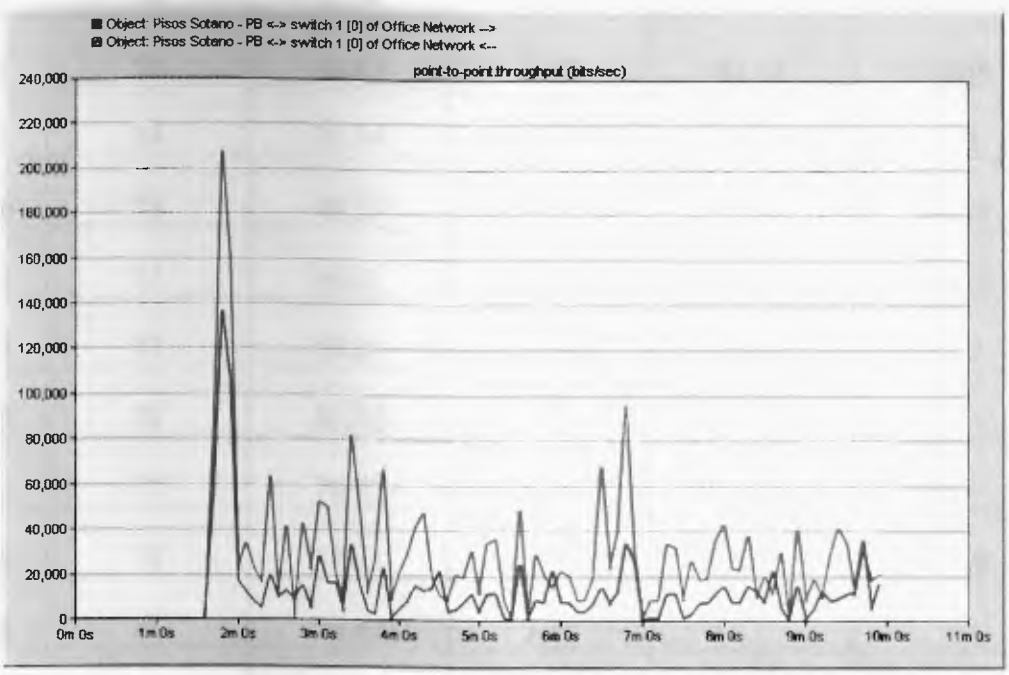


Figura. Trafico del enlace *switch1*-Sotano-PB

APENDICE E

Pto	RSSI medido en site survey (-dbm)	RSSI medido con MWM (-dbm)	Error con MWM (-dbm)	RSSI medido con 2.5 Ray Tracing (-dbm)	Error con 2.5 Ray Tracing (-dbm)
1	44	31.49	12.51	31.25	12.75
2	50	41.6	8.4	40.69	9.31
3	44	41.67	2.33	41.25	2.75
4	47	49.89	2.89	49.6	2.6
5	49	54.51	5.51	51.85	2.85
6	52	54.61	2.61	60.5	8.5
7	54	52.54	1.46	75.1	21.1
8	52	46.82	5.18	62.68	10.68
9	54	37.74	16.26	35.9	18.1
10	58	44.31	13.69	41.02	16.98
11	55	44.35	10.65	40.87	14.13
12	71	69.26	1.74	75.32	4.32
13	78	81.72	3.72		
14	77	79.72	2.72	83.2	6.2
15	78	67.31	10.69	67.42	10.58
16	78	70.82	7.18		
17	67	46.02	20.98	42.1	24.9
18	68	46.76	21.24	43.07	24.93
19	68	48.67	19.33	44.5	23.5
20	80	85.64	5.64	77.94	2.06

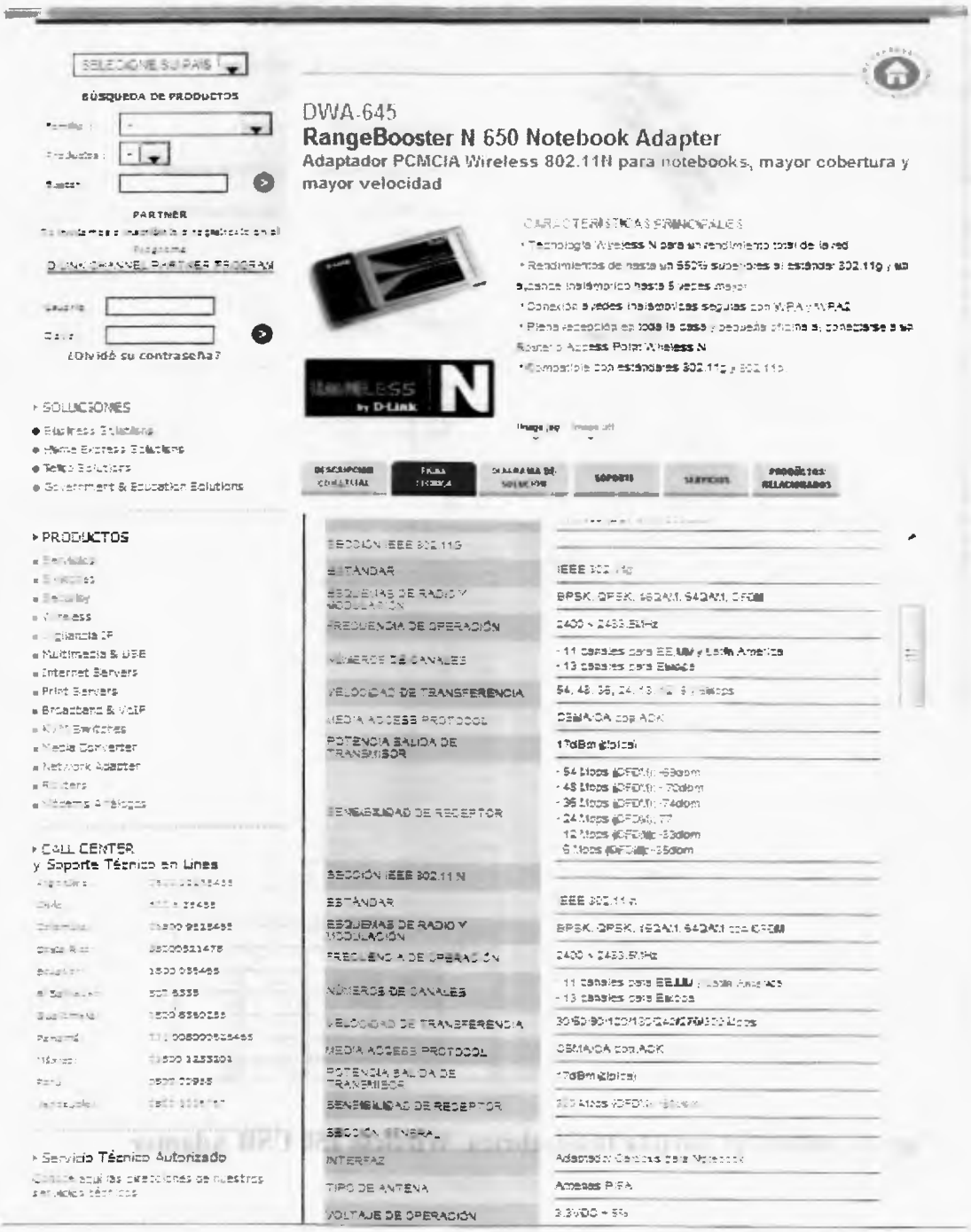
21	83	95	12		
22	84	84.77	0.77		
23	82	88.82	6.82	72.88	9.12
24	73	50.72	22.28	46.19	26.81
25	64	51.16	12.84	46.03	17.97
26	62	52.17	9.83	46.91	15.09
27	86	87.8	1.8	86.62	0.62
28	86	111.41	25.41		
29	92	111.27	19.27		
30	88	86.1	1.9	86.32	1.68
31	78	52.55	25.45	47.44	30.56
32	75	52.73	22.27	49.82	25.18
33	84	88.44	4.44	88.64	4.64
34	83	93.25	10.25	84.77	1.77
36	85	88.59	3.59		
37	75	54.21	20.79	51.07	23.93
38	74	54.66	19.34	50.09	23.91
39	74	55.35	18.65	50.64	23.36
40	72	56	16	54.84	17.16
41	74	58.27	15.73	55.49	18.51
42	76	59	17	53.5	22.5
43	78	60.15	17.85	54.53	23.47
44	78	60.74	17.26	55.49	22.51
45	79	61.69	17.31	55.54	23.46

46	80	62.25	17.75	56.78	23.22
47	78	62.84	15.16	57.43	20.57
48	78	63.33	14.67	56.84	21.16
49	71	57.78	13.22	54.96	16.04
50	66	57.16	8.84	59.9	6.1
51	66	56.48	9.52	59.8	6.2
52	70	56.6	13.4	72.47	2.47
53	51	44.97	6.03	66.76	15.76
54	43	48.59	5.59		
55	46	52.81	6.81		
ERROR PROMEDIO			**11.56611111**		**14.34804348**

Tabla. Potencia recibida en **la campaña y en la simulación usando COST 231** y ***Ray Tracing*. En la muestra de puntos de medición.**

ANEXOS

Data Sheet Range Booster N650 Nootbook Adapter



DWA-645

RangeBooster N 650 Notebook Adapter

Adaptador PCMCIA Wireless 802.11N para notebooks, mayor cobertura y mayor velocidad

SECCIÓN IEEE 802.11G	
ESTÁNDAR	IEEE 802.11g
ESQUEMAS DE RADIO Y MODULACIÓN	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, OFDM
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	2400 ~ 2483.5MHz
NÚMEROS DE CANALES	- 11 canales para EE.UU y Latin America - 13 canales para Europa
VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps
MEDIA ACCESS PROTOCOL	CSMA/CA con ACK
POTENCIA SALIDA DE TRANSMISOR	17dBm (typical)
SENSIBILIDAD DE RECEPTOR	- 54 Mbps (OFDM): -68dbm - 48 Mbps (OFDM): -70dbm - 36 Mbps (OFDM): -74dbm - 24 Mbps (OFDM): -77 12 Mbps (OFDM): -83dbm 6 Mbps (OFDM): -85dbm
SECCIÓN IEEE 802.11 N	
ESTÁNDAR	IEEE 802.11 n
ESQUEMAS DE RADIO Y MODULACIÓN	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM con OFDM
FRECUENCIA DE OPERACIÓN	2400 ~ 2483.5MHz
NÚMEROS DE CANALES	- 11 canales para EE.UU y Latin America - 13 canales para Europa
VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA	300 (20MHz/40MHz) 270/243/216/162/108/81/54/27 Mbps
MEDIA ACCESS PROTOCOL	CSMA/CA con ACK
POTENCIA SALIDA DE TRANSMISOR	17dBm (typical)
SENSIBILIDAD DE RECEPTOR	300 Mbps (OFDM): -65dbm
SECCIÓN GENERAL	
INTERFAZ	Adaptador Cardbus para Notebook
TIPO DE ANTENA	Antenas PIFA
VOLTAJE DE OPERACIÓN	3.3VDC + 5%

Figura. Datasheet. Tarjeta inalámbrica RangeBooster N650 Notebook Adapter

Datasheet wireless 150 USB Adapter

DWA-125

Wireless 150 USB Adapter

Adaptador Inalámbrico USB 2.0 Wireless 150, para Computadoras de escritorio o Laptops. Hasta 150 Mbps de velocidad cliente Wireless 11N

Figura. Datasheet Tarjeta Inalambrica. Wireless 150 USB Adapter

Punto de Acceso CISCO AIRONET 1260

cisco

Solutions | Products & Services | Ordering | Support | Training & Events | Partner Central | My Cisco

HOME
PRODUCTS & SERVICES
WIRELESS
CISCO AIRONET 1260 SERIES
PRODUCT LITERATURE
DATA SHEETS
Cisco Aironet 1260 Series Access Point

Cisco Aironet 1260 Series

Cisco Aironet 1260 Series Access Point

Cisco® Aironet® 1260 Series wireless access points provide reliable and predictable 802.11n wireless coverage for indoor environments. These enterprise-class access points deliver up to nine times the throughput of 802.11a/g networks for rich-media applications. Designed specifically for challenging environments, the 1260 Series supports external antennas and a broad operating-temperature range.

RF Excellence

Building on the Cisco Aironet heritage of RF excellence, the 1260 Series delivers industry-leading performance for secure and reliable wireless connections. Enterprise-class silicon and optimized radios deliver a robust mobility experience using Cisco M-Drive technology, which includes:

- ClientLink improves reliability and coverage for legacy clients
- BandSelect improves 5-GHz client connections in mixed client environments
- VideoStream uses multicast to improve rich-media applications

All of these features ensure the best possible end-user experience on the wireless network.

Cisco also offers the industry's broadest selection of 802.11n antennas delivering optimal coverage for a variety of deployment scenarios.

The Cisco Aironet 1260 Series is a component of the Cisco Unified Wireless Network, which can scale up to 18,000 access points with full Layer 3 mobility across central or remote locations on the enterprise campus, in branch offices, and at remote sites. The Cisco Unified Wireless Network is the industry's most flexible, resilient, and scalable architecture, delivering secure access to mobility services and applications and offering the lowest total cost of ownership and investment protection by integrating seamlessly with the existing wired network.

Product Specifications

Table 1 lists the product specifications for Cisco Aironet 1260 Series Access Points.

Table 1. Product Specifications for Cisco Aironet 1260 Series Access Points

802.11n WiFi CERTIFIED

Downloads

Figura. Punto de acceso CISCO.

CISCO CATALYST 3750

cisco

Solutions | Products & Services | Ordering | Support | Training & Events | Partner Central | My Cisco

HOME
PRODUCTS & SERVICES
SWITCHES
CISCO CATALYST 3750 SERIES SWITCHES
PRODUCT LITERATURE
DATA SHEETS
Cisco Catalyst 3750 Data Sheet

Cisco Catalyst 3750 Data Sheet

The Cisco® Catalyst® 3750 Series Switches (Figures 1 through 4) are innovative switches that improve LAN operating efficiency by combining industry-leading ease of use and high resiliency for stackable switches. This product series features Cisco StackWise™ technology, a 32-Gbps stack interconnect that allows customers to build a unified, highly resilient switching system, one switch at a time.

Figure 1. Cisco Catalyst 3750 Series Switches for 10/100 and 10/100/1000 Access and High-Density

Figure 2. Cisco Catalyst 3750G-24PS and Cisco Catalyst 3750G-48PS Switches with IEEE 802.3af Power

Figure 3. Cisco Catalyst 3750G-12S Switch

Figure 4. Cisco Catalyst 3750G-48TS Switch, Cisco Catalyst 3750G-48PS Switch with IEEE 802.3af Power, Cisco Catalyst 3750G-24TS-1U Switch, and Cisco Catalyst 3750G-24PS Switch with IEEE 802.3af Power

Product Overview

Figura. Switch CISCO

Antena para AP CISCO

CISCO

Antenna Product Portfolio for Cisco Aironet 802.11n Access Points

At-A-Glance

Table 4. Directional Antennas for Cisco Aironet 802.11n Access Points

2.4-GHz Directional Antenna Part Numbers	Quantity Required	Description	Gain
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

*Not approved for use with 1260 Series and 1500 Series (must be 0 dBi or less)

Why Cisco?

Cisco is committed to providing the best access points, client adapters, and bridges in the industry and to providing a complete solution for any wireless LAN deployment. Cisco also has the widest range of antennas, cable, and accessories available from any wireless manufacturer. For more information on Cisco Aironet antennas, visit http://www.cisco.com/en/us/products/antennas.html.

© 2010 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco, the Cisco logo, and Cisco Systems are registered trademarks or trademarks of Cisco and/or its affiliates in the United States and certain other countries. All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. The use of the word partner does not imply a partnership between Cisco and any other company. (1005R)