



A.F. 132372



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD Y
COMPUTACION

TESIS DE GRADO

" Análisis, Diseño e Implementación de una
Solución Técnica para Ampliación de la Cobertura
del " BACKBONE " en la Espol Mediante
Dispositivos Inalámbricos "

Previa a la obtención del título de Ingeniero en
Computación especialización Sistemas Tecnológicos

PRESENTADA POR:

Federico Raue Rodríguez

GUAYAQUIL

2003

AGRADECIMIENTO

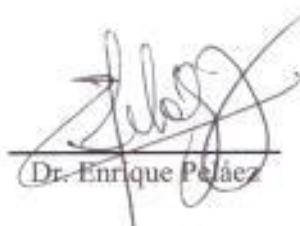
Mis sinceros agradecimientos a todos los profesores que tuve en la ESPOL, de manera especial al Dr. Enrique Peláez, que con sus sabios consejos se hizo posible este trabajo, a las Srtas. Silvanamaría Cordero y Cristina Guerrero, a los Sres. Xavier Ochoa, Jorge Sánchez Compte y Bernardo Villalba y demás compañeros que tuve en el CTI por la valiosa colaboración que me brindaron.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
BIBLIOTECA
INV. No. CAP-31-4-1

DEDICATORIA

A la memoria de mi Padre Gustav Franz que
deseo que su techo sea mi base y a mi Madre
Anita Elena que me ha apoyado en todos los
momentos de mi vida.

TRIBUNAL DE GRADO**PRESIDENTE**

Ing. Norman Chootong**DIRECTOR DE TESIS**

Dr. Enrique Paláez**MIEMBROS PRINCIPALES**

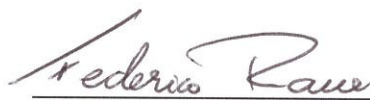
Ing. Rodrigo Moscoso

Ing. Servio Lima

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral"

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Federico Raue Rodríguez



RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo proponer una solución al problema de conectividad de la ESPOL mediante un prototipo que usa dispositivos inalámbricos. La cantidad de computadoras que tiene la ESPOL no satisface la demanda que tienen los estudiantes para conectarse al enlace de Internet disponible dentro del campus. La ESPOL ha intentado resolver este problema invirtiendo en nuevos laboratorios de computadoras pero el costo de construirlos y conectarlos al backbone interno es elevado. Una solución a este problema es extender la cobertura de la red interna de la ESPOL mediante dispositivos inalámbricos y convertir al campus en un laboratorio. El uso de dispositivos inalámbricos provee soluciones eficientes de topología y cobertura a menor costo.

En el capítulo uno se introduce los conceptos de las redes inalámbricas y la tecnología ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) usada actualmente en el backbone de la ESPOL. Se describe la historia y las diferentes aplicaciones o escenarios que han sido usados, por ejemplo: la educación.

El capítulo dos contiene el análisis de la situación actual del backbone de la ESPOL y se hace un análisis de las diferentes tecnologías inalámbricas. La situación actual de la ESPOL esta descrita en dos partes. La primera, contiene las características de los equipos de redes y conexiones físicas entre los distintos edificios de la ESPOL. La segunda, describe el esquema y configuración lógica de las redes dentro de la ESPOL. Además, se describe los tipos de tecnología inalámbrica que se usan en redes LAN y enlaces entre 2 o más puntos como son: la tecnología de radio y la tecnología de luz o láser.

El capítulo tres contiene el diseño del sistema o prototipo de la red inalámbrica. El prototipo está ubicado en el edificio 37 del área de Tecnologías. La cobertura de la red interna del edificio fue extendida usando equipos inalámbricos 802.11. El estándar 802.11 cubre los equipos de redes LAN que usan tecnología de ondas de radio.

El capítulo cuatro contiene las pruebas de confiabilidad del prototipo diseñado en el capítulo tres. El método para realizar las pruebas fue simular escenarios típicos relacionados con las tecnologías de Internet. Los escenarios usados para las pruebas fueron: DNS (*Domain Name System*), SMTP (*Simple Mail Transport Protocol*), POP3 (*Pop Office Protocol versión 3*), FTP (*File Transfer Protocol*) y HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*)

El capítulo cinco contiene las conclusiones y recomendaciones obtenidas después de la implementación del prototipo dentro del campus Gustavo Galindo. Entre las principales conclusiones que se obtuvieron posterior a la implementación fueron: 1) la tecnología inalámbrica es lenta en comparación a las velocidades que se obtienen en las tecnologías que usan cable, pero tiene otro tipo de ventajas como la flexibilidad y facilidad de extensión de cobertura de la infraestructura física de una red; y 2) la seguridad en una red inalámbrica es el punto más vulnerable al momento de implementarla porque los ataques informáticos pueden ocurrir en cualquier parte dentro de la cobertura de la red.

INDICE GENERAL

CAPITULO UNO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué es una red inalámbrica?

1.1.1. Historia de las redes inalámbricas

1.1.2. Usos de la tecnología inalámbrica

1.1.3. Futuro de la red inalámbrica

1.2. Situación actual de la tecnología usada en el Backbone de la ESPOL

1.2.1. Antecedentes

1.2.2. Tecnología ATM

1.2.3. Componentes de la tecnología ATM

1.2.4. Arquitectura ATM

1.2.5. Formato de la cabecera en las celdas ATM

1.2.6. LANE

1.3. ¿Por qué implementarla dentro de la ESPOL?

CAPITULO DOS

2. ANÁLISIS

2.1. Características actuales de la red interna de la ESPOL

2.1.1. Descripción física del backbone

2.1.2. Descripción lógica del backbone

2.2. Descripción de la tecnología inalámbrica

2.2.1. Tipos de tecnologías inalámbricas

- 2.2.1.1. Enlace punto a punto
- 2.2.1.2. Redes inalámbricas
- 2.2.2. Componentes y características de una red inalámbrica
- 2.2.3. Arquitectura del protocolo 802.11
 - 2.2.3.1. Capa Física
 - 2.2.3.2. Capa MAC
- 2.2.4. Ventajas de una red inalámbrica
- 2.3. Soluciones inalámbricas en otras universidades
 - 2.3.1. Universidad Keio en Japón
 - 2.3.2. Carnegie Mellon
 - 2.3.3. Ciudad Universitaria de Hong-Kong
 - 2.3.4. Difusión Multimedial Inalámbrico (Chile)
- 2.4. Aplicaciones de la tecnología inalámbrica dentro de la ESPOL
- 2.5. Situación actual del Ecuador

CAPITULO TRES

3. DISEÑO

- 3.1. Descripción de la metodología para el diseño
 - 3.1.1. Definir los elementos de la red
 - 3.1.2. Selección de los productos
 - 3.1.3. Identificar la ubicación de los puntos de acceso
 - 3.1.4. Verificando el diseño
 - 3.1.5. Documentación del diseño final
- 3.2. Diseño del sistema piloto

3.2.1. Objetivo

3.2.2. Esquema lógico del prototipo

3.3. Estudio de los equipos disponibles en el mercado

3.3.1. Primer grupo de equipos inalámbricos

3.3.2. Segundo grupo de equipos inalámbricos

3.4. Interacción con el backbone

CAPITULO CUATRO

4. IMPLEMENTACION

4.1. Estrategia para la implementación

4.2. Pruebas de retardo y confiabilidad

4.3. Comparación de datos con un red tradicional

CAPITULO CINCO

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ¿Qué es una red inalámbrica?

1.1.1. Historia de las redes inalámbricas

Las redes de computadoras y las comunicaciones mediante señales de radio se usaron juntas en 1971 en la Universidad de Hawai como resultado de un proyecto conocido como "ALOHANET". El proyecto ALOHANET tenía como objetivo la comunicación de 7 campus universitarios que estaban repartidos en 4 islas. La configuración inicial del proyecto tenía como nodo central la isla Oahu y no podían usar las líneas telefónicas como medio de interconexión porque el costo era elevado. ALOHANET ofrecía una comunicación bidireccional en una topología estrella entre el nodo central y las estaciones remotas. La comunicación

entre estaciones remotas se realizaba con el nodo central como intermediario. [1]

En la década de los 80, los radio-aficionados mantenían viva las redes radiales entre Estados Unidos y Canadá; diseñada e implementada con *nodos controladores terminales (terminal node controllers, TNCs)* que eran interfaces de sus computadoras conectadas a los equipos de radio. Los TNC's funcionaban como los modem telefónicos, convertían la señal digital de la computadora a otra señal de radio que podía ser modulada y enviada a través de las ondas que viajaban en el aire usando la técnica de packet-switching (*Ver Gráfico 1-1*). De hecho, la American Radio Relay League (ARRL) y la Canadian Radio Relay League (CRRL) auspiciaban las conferencias de redes de computadoras desde 1980 y proveía información a los foros técnicos para el desarrollo de las redes WAN inalámbricas.[1]

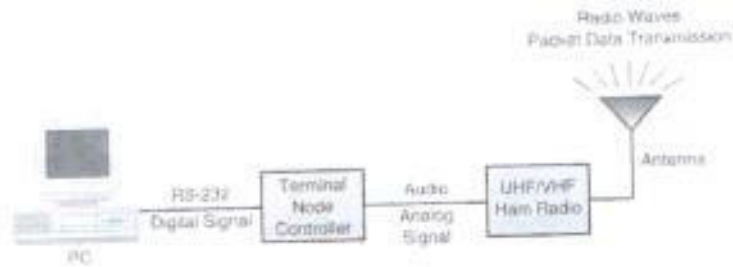


Gráfico 1-1: Esquema de una computadora conectada inalámbricamente[9]

En 1985, la Federal Communications Comisión (FCC) hizo comercial el desarrollo de todos los componentes basados en señales de radio y autorizó para su uso en distintos campos como: la industria, el científico y las bandas de radio en medicina (ISM). La frecuencia de esta banda estaba en el rango de 902 MHz y 5.85 GHz, parecidos a los que usa la telefonía celular. La ISM band fue atractiva para la compañías de redes inalámbricas porque proveía parte del espectro como base para sus productos y evita a los usuarios el problema de las licencias por parte del FCC para operar sus productos. El efecto que tuvo ISM band fue importante, porque designó quienes serían los desarrolladores de los componentes para redes inalámbricas. Pero existía un problema, al no existir estándares los fabricantes comenzaron a tener puntos de acceso y señales de radio propietarios.[1]

Al final de la década de los 80, el comité 802 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE), fue responsable de desarrollar los estándares para las redes de area local (LAN), como la redes Ethernet y Token Ring, sucedió lo mismo con las redes inalámbricas. Bajo la supervisión de Vic Hayes, un ingeniero de NCR, el grupo de trabajo 802.11 de la IEEE desarrolló las especificaciones para la capa física y el control de acceso al medio para las redes inalámbricas.[1]

El estándar fue aprobado el 26 de Junio en 1997 y publicado el 18 de Noviembre de 1997. La aceptación del estándar permitió las compañías desarrolladoras se cambien al estándar 802.11 durante 1998. Desde entonces las nuevas compañías que entran en el mercado desarrollan sobre el estándar 802.11 y sus productos cumplen con las especificaciones de este estándar.[1]

Otra conexión de redes inalámbricas muy aceptada, es la que provee los servicios WAN, que funciona desde la década de los 90. Compañías como ARDIS y RAM Mobile Data fueron los primeros en vender la conexión inalámbrica entre computadoras portátiles, redes corporativas al Internet. Estas compañías

introdujeron el servicio *Cellular Digital Packet Data (CDPD)* , donde el usuario tenía la posibilidad de enviar y recibir datos mediante los servicios de transmisión digital. Este servicio usaban los empleados para revisar sus cuentas *email* sin usar el sistema telefónico, cuando estaban en una reunión con los consumidores, viajando en un carro, o descansando en un hotel.[1]

1.1.2. Usos de la tecnología inalámbrica

El uso de la tecnología inalámbrica puede ser aplicada en cualquier ambiente; como por ejemplo: dentro de una oficina, dentro de un campus universitario, en el exterior de un edificio, conexiones entre puntos de difícil acceso, etc. Además, las aplicaciones de la tecnología inalámbrica pueden solucionar o añadir flexibilidad en cualquier rama de la industria, salud, educación, etc.

- Aplicaciones en exteriores

- *Campus Area Network*

Los beneficios de cobertura, costos y velocidad de la conectividad inalámbrica punto a punto o multipunto son algunos beneficios dentro de un campus, se podría

fácilmente enlazar el edificio de estudiantes al backbone permitiendo la conexión de Internet.

- *Redes inalámbricas móviles*

La tecnología inalámbrica alcanza grandes áreas de cobertura que permite a los clientes estar conectados en cualquier parte. Por ejemplo, los vehículos que transportan pasajeros dentro del aeropuerto, tienen terminales que usan para obtener información sobre los horarios de los vuelos y la puerta de salida. Una compañía de transporte municipal puede conectar terminales en sus buses para intercambiar información de rutas y calendarios con el despachador.

- *Aplicaciones en la educación*

- *Acceso a Internet*

La tecnología inalámbrica es una opción para conectar lugares remotos de difícil acceso al Internet. Varios sitios pueden conectarse rápidamente hacia el backbone para facilitar el enlace con un proveedor de Internet (ISP). Lo mismo sería para implementar la educación a distancia en las comunas del proyecto IEPSE (Para mayor

información sobre el proyecto ingresar a <http://iepse.cti.espol.edu.ec>).

- *Estudiantes móviles*

La tecnología inalámbrica puede extender la infraestructura de una red existente. En las bibliotecas y los centros de información dentro de las universidades tienen laboratorios de computadoras para el uso de los estudiantes pero su uso es limitado por la cantidad de computadoras existentes. Una opción sería que los estudiantes tengan sus propias computadoras portátiles conectadas inalámbricamente a los servicios del campus. Esto generaría aulas virtuales y proyectos de investigación instantáneos.

- *Aplicaciones en los hospitales*

- *Puntos de atención móviles*

La tecnología inalámbrica permite crear fáciles accesos a los sistemas de información. Los doctores y las enfermeras que caminan o desplazan dentro del hospital (no solo en las habitaciones) y necesitan acceso a la red cuando están junto a un paciente. Esto reduciría la

falta de información o mala interpretación de la situación del paciente porque el médico accedería a los registros electrónicos que están en el hospital.

1.1.3. Futuro de las redes inalámbricas

En la actualidad la industria de desarrollo de software está entrando en un nuevo mercado. Este nuevo mercado tiene la característica que la información será accedida en cualquier lugar y en cualquier momento a través de Internet móvil. Las computadoras convencionales serán sustituidas por dispositivos mucho más pequeños, con características y cualidades diferentes como los celulares y los PDA. Además, la transmisión inalámbrica está preparándose para la tercera generación conocida como 3G que permitirá transmitir mensajes mediante video y audio simultáneamente.

Las oportunidades en el mercado para las aplicaciones inalámbricas son extremadamente amplias. Algunas oportunidades en los distintos campos son: aplicaciones corporativas, servicios en línea, uso personal, comunidad y juegos.

Aplicaciones Corporativas

- *Automatización de ventas*

De acuerdo con los vendedores gastan entre el 20-80% del día lejos de sus terminales o computadoras.[2] Por ese motivo usan los teléfonos celulares o PDA como modem para acceder a los datos inalámbricamente pero esto tarda mucho tiempo. Como solución, los teléfonos celulares pueden incorporar un microbrowser, que tienen un conjunto de nuevas oportunidades. La información de transacciones importantes siempre será actualizada con las últimas noticias provenientes de la oficina. Los vendedores pueden hacer una llamada para verificar o solicitar las especificaciones o un brochure que el cliente esta buscando y es enviado por fax mientras el cliente espera.

- *Enviar mercadería*

La información del estado de una transacción sobre el envío mercadería esta limitado a terminales fijas, pero esto podría extenderse mediante el desarrollo de una aplicación móvil para el celular o un PDA conectado a su servidor, mediante la tecnología inalámbrica. El teléfono alerta al técnico cada

vez que hay un cambio en la agenda y provee con un botón la información del cambio sucedido. El técnico puede actualizar la orden y mantener al día la central de despachos cuando el trabajo es completado. Esto permite responder más llamadas de los clientes y mejorar la calidad del servicio.[2]

Servicios en línea

- *Envío de información en tiempo real*

Los usuarios en Internet tienen la posibilidad de suscribirse en listas de correos o servicios de información que envían correos a sus cuentas, de la misma forma pueden suscribirse en otros tipos de servicios que permiten enviar información mediante mensajes cortos a los celulares. La información en tiempo real es enviada al suscriptor, basada en criterios definidos al momento de suscribirse. Este tipo de servicio ya existe en el Ecuador mediante la activación del servicio de mensajería móvil.[2]

- *Banca*

En la última década, los bancos han introducido nuevas formas para hacer más fácil las operaciones bancarias, como fueron la proliferación de los cajeros automáticos. El paso siguiente sería hacer lo mismo en dispositivos inalámbricos. Por obvias razones, no pueden sacar dinero o hacer un depósito pero si podrían ver su balance actual, transferir fondos entre cuentas y recibir por fax estados de cuenta.[2]

- *Comercio Electrónico*

Los suscriptores pueden usar los teléfonos celulares como los PC para comprar productos y usar servicio dentro de Internet.

Uso personal

- *Email*

Los dispositivos móviles actuales como los celulares y los PDA pueden realizar las funciones básicas del correo electrónico. Las funciones básicas del correo son recibir, editar y responder los mensajes. Existen herramientas de

sincronización que mantienen diferentes fuentes de correo de una manera fácil. [2]

- *Agenda electrónica*

Los ejecutivos usan agendas electrónicas para organizar sus reuniones y tener su lista de contactos. Una extensión de funcionalidad de la agenda electrónica es usar los celulares o PDA para recibir información en tiempo real. Usando un sistema de sincronización y notificación, los ejecutivos pueden ser alertados sobre cambios de horario en el compromiso.[2]

Comunidad y Juegos

- *Chat interactivo*

Una aplicación móvil basada en suscripción que esta aumentando es el chat. El chat es la comunicación mediante mensajes cortos escritos en los celulares. El tamaño del mensaje depende de la capacidad del celular. El servicio de mensajería ilimitado cuesta \$ 5 en el Ecuador y en otros países el costo por mensaje es \$ 0.10. [2]

- *Juegos*

El mercado de los videos juegos tiene un nicho importante a nivel mundial; existen varios tipos de consolas y competencias *on-line*. Un nuevo tipo de consola son los celulares con sus aplicaciones móviles (juegos), los jugadores pueden probar su conocimiento contra otros en juegos de trivia o disfrutando una ronda de cartas. Los juegos proveen la capacidad de interactuar y competir contra otros jugadores por premios. [2]

Estos mercados representan grandes oportunidades para los especialistas en redes, para atraer más suscriptores e incrementar los minutos de los suscriptores existentes. Los desarrolladores de aplicaciones y proveedores de contenidos que proponen soluciones para este nuevo nicho del mercado pueden cosechar nuevos beneficios:

- La posibilidad de ofrecer servicios gratis o basados en suscripciones para nuevos perfiles de consumidores. Mientras los servicios basados en suscripciones ofrecen obvias oportunidades de ingreso, los servicios gratis pueden incrementar el tráfico en comparación a los

servicios en Internet ofrecido por el acceso tradicional por la PC.

- La venta de productos o las oportunidades de compartir ingresos con operadores para aplicaciones que incrementan o expanden los servicios existentes.

1.2. Situación actual de la tecnología usada en el Backbone de la ESPOL

1.2.1. Antecedentes

La red interna dentro del campus Gustavo Galindo tenía terminales sincrónicos que se conectaban a un nodo central (IBM 3278) ubicado en CESERCOMP, donde funcionaban todas las aplicaciones internas de la ESPOL.

Los terminales estaban enlazados con el computador central mediante la red telefónica y cable coaxial. Es decir, cualquier terminal podía conectarse al computador central si existía un punto del cableado telefónico. La red estaba conformada por controladores locales y remotos que permitían el enlace de los terminales al computador central. Esta

configuración se completaba con el uso de baloons para conectar el par de cobre a la terminal, cuya interfaz se adaptaba con un cable coaxial RG59.[3]

Los controladores centrales IBM 3274 concentraban terminales y se conectaba directamente al computador central. Los controladores remotos IBM 3174 concentraban los terminales pero se conectaban al computador central mediante un módem a una velocidad de 9600 bps. Esta red cubría el Rectorado, la Biblioteca Central, CESERCOMP y el edificio de Gobierno de Tecnologías[3]

En el año 1995 se contrato a la empresa IBM del Ecuador para la implementación de la nueva infraestructura de red dentro del Campus. Con la estandarización de los sistemas abiertos, las aplicaciones de escritorio más poderosas y la necesidad de prepararse para el requerimiento de Internet, la ESPOL decidió implementar una red basada en tecnologías estándares y las más recomendadas para ambientes tipo Campus. La elección fue la tecnología de Transferencia Asíncronica (*Asynchronous Transfer Mode, ATM*) que permitía la interconexión a grandes velocidades.[3]

1.2.2. Tecnología ATM

La tecnología de Transferencia Asíncrona (*Asynchronous Transfer Mode, ATM*) tiene su origen en el desarrollo de la tecnología ISDN (*Integrated Services Digital Network*) entre 1970 y 1980. Se puede pensar técnicamente que es la evolución de conmutación por paquetes. ATM integra la multiplexación y las funciones de conmutación, especialmente diseñada para tráfico pesado; y, permite la comunicación entre equipos que operan a diferentes velocidades. ATM fue diseñado para transmisión de multimedia con excelente calidad. La tecnología ATM ha sido implementada en dispositivos de redes como:

- Computadoras personales y servidores con interfaces ATM
- Switches ATM para redes empresariales
- Multiplexores ATM
- Switch ATM para backbone[4]

El conjunto de señales e interfaces esta definido por la ITU (*International Telecommunications Union*). El forum de ATM tuvo un papel muy importante en el mercado desde su formación en 1991. El foro esta formado por organizaciones voluntarias

compuestas por vendedores, proveedores de servicio, organizaciones de investigación y usuarios. El propósito del foro fue acelerar el uso de productos ATM y servicios a través de las especificaciones de interoperabilidad.[4]

La tecnología ATM es una mezcla de la tecnología de multiplexación y la conmutación de celdas que combina el beneficio de conmutación por circuito (garantizando la capacidad y el retardo de transmisión constante) con la conmutación por paquetes (flexible y eficiente en tráfico intermitente). Además, facilita la escalabilidad en el ancho de banda de unos pocos Megabits por segundo (Mbps) hasta Gigabits por segundo (Gbps). ATM es asincrónica, por eso es más eficiente que las tecnologías sincrónicas, como la multiplexación por tiempo (*Time División Multiplexing, TDM*).

Con la multiplexación por tiempo, cada usuario tiene asignado una casilla o sección de tiempo y ninguna otra estación puede enviar datos en esa casilla. Si una estación quiere enviar muchos datos, esta puede enviar si la casilla regresa a la estación y si las otras casillas de tiempo están vacías. Si la estación no tiene datos que enviar, la casilla regresa a la estación y la estación

envía la casilla vacía y la desecha. En ATM es diferente, las casillas de tiempo están disponibles bajo demanda con la información que identifica el origen de la transmisión contenida en la cabecera de cada celda ATM.

1.2.3. Componentes de la tecnología ATM

Los componentes de la tecnología son los dispositivos ATM como los switch y las terminales; y, las tarjetas de red ATM que sirven para tener interconexión mediante ATM.

- *Celda ATM*

Toda la información está dentro de celdas de 53 bytes de longitud (48 bytes de datos del usuario y 5 bytes de cabecera, ver *Gráfico 1-2*). La dimensión de la celda es fija y pequeña, por ese motivo tiene buen resultado para transmitir audio y video, porque el tráfico no es tolerante a retardos que es el resultado de esperar mucho tiempo para recibir la información cuando los paquetes de datos son grandes. La cabecera es organizada para la eficiencia de conmutación en la implementación de hardware a altas

velocidades y el acarreo de información, identificador del circuito virtual y verificación de error de la cabecera. [5]



Gráfico 1-2 Formato básico de una celda ATM[10]

- *Dispositivos ATM*

Una red ATM está formada por switches ATM y por terminales (ver Gráfico 1-3). Un switch ATM es responsable de la transferencia de la celda por la red. La principal función del switch es recibir las celdas provenientes de los terminales u otro switch. El switch lee y actualiza la información de la cabecera de la celda y la envía por la interface de la salida a su destino. Un terminal contiene una tarjeta de red ATM; como por ejemplo: un ruteador, una estación, un CODEC, etc.

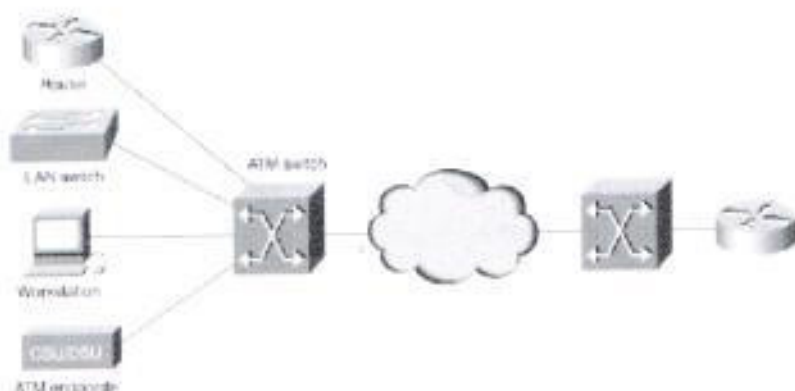


Gráfico 1-3 Red ATM formada por switches y terminales[11]

- *Interfaces de red ATM*

Una red ATM consiste de un conjunto de switches ATM interconectados por enlaces ATM punto a punto o interfaces. Un switch ATM soporta dos tipos de interfaces, ver Gráfico 1-4: UNI (*User Network Interface*) y NNI (*Network to Network Interface*). La interfaz UNI conecta un terminal ATM a un switch ATM. La interfaz NNI conecta 2 switch ATM. [5]

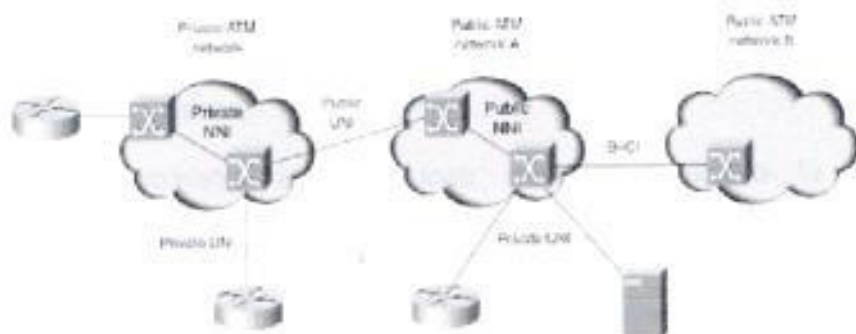


Gráfico 1-4 Tipos de interfaces en la tecnología ATM[12]

1.2.4. Arquitectura ATM

La arquitectura ATM es un modelo lógico que describe las funciones que provee. Las funciones dentro de la arquitectura ATM corresponden a la capa física y una parte de la capa de enlace del modelo OSI (*Open System Interconnection*).

El modelo de referencia ATM está compuesto por los siguientes objetivos en cada capa:

- Control, responsable de generar y administrar las señales de requerimientos
- Usuario, responsable de la administración de transferencia de datos.
- Administración, contiene 2 objetivos

- Administra y coordina las funciones relativas a todo el sistema.
- Administra las funciones específicas, como la detección de errores dentro del protocolo.

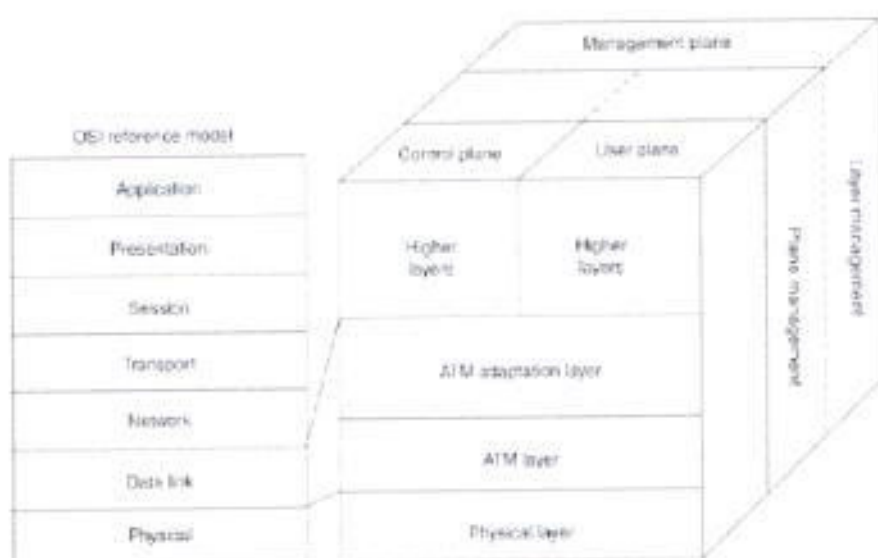


Gráfico 1-5 Modelo de referencia en la tecnología ATM[13]

El modelo de referencia ATM está compuesto por las siguientes capas ATM (ver Gráfico 1-5).

- Capa física, similar a la capa física del modelo OSI, esta capa está encargada de administrar el medio de transmisión.

- Capa ATM, combinada con la capa de adaptación ATM, la capa ATM es análoga a la capa de enlace del modelo OSI. Esta capa es responsable de establecer y pasar las celdas a través de la red ATM. Para hacer esto, la información está en la cabecera de cada celda.
- Capa de adaptación ATM (*ATM Adaption Layer*), combinada con la capa ATM, la AAL es análoga a la capa de enlace del modelo OSI. Esta capa es responsable de aislar los protocolos de las capas superiores para los procesos ATM.

Finalmente, las capas superiores residen encima de la AAL que acepta los datos del usuario y los arregla dentro de paquetes.

a. *Capa física*

La capa física tiene cuatro funciones: 1) convertir bits en celdas, 2) transmitir, 3) recibir bits sobre el medio físico, 4) limitar las celdas ATM y la celdas que son empaquetadas en el tipo de formato apropiado para el medio físico.

La capa física esta dividida en dos partes: la subcapa de medio físico y la subcapa de transmisión. La subcapa de medio físico provee dos funciones: sincronizar la

transmisión y recepción mediante envío y recepción de flujo continuo de bits, que contiene información asociada al tiempo; y segundo, especifica el medio físico usado, incluyendo los tipos de conectores y el cable. La subcapa de transmisión tiene cuatro funciones: 1) delinear las celdas, 2) verificar y generar la secuencia de control de errores, 3) dividir el flujo de celdas y 4) transmitir el frame adaptado al medio. La delineación de celdas, permite a los dispositivos localizar celdas dentro de un flujo de bits. La verificación y generación de secuencias de control de errores se asegura de la validez de los datos. La división de flujo de celdas mantiene la sincronización y suprime o inserta celdas ATM de espera, para adaptar la velocidad válida de una celda ATM sin sobrecargar la capacidad del sistema de transmisión. La transmisión del frame adaptado al medio proporciona la capacidad de convertir las celdas ATM en formatos válidos dependiendo del medio.[5]

b. Capa ATM

La capa ATM enlaza las conexiones virtuales y las celdas ATM con la red. La información para realizar esta tarea se

encuentra en la cabecera de cada celda ATM. La capa ATM es responsable de cumplir las siguientes funciones: Multiplexar y demultiplexar las celdas ATM de cada conexión virtual, extraer e insertar la cabecera de la celda ATM, antes o después de ser enviada a la capa de adaptación ATM (AAL), implementar los mecanismos para el flujo de control en las interfaces UNI (*User-Network Interface*), aceptar y pasar celdas provenientes de la capa de adaptación ATM (AAL). [6]

c. *Capa de adaptación ATM (ATM Adaption Layer, AAL)*

La capa de adaptación ATM provee el enlace entre los servicios de las capas superiores del modelo OSI y las celdas ATM. Existe diferentes tipos de capas de adaptación ATM, a continuación se explican algunas de ellos:

- *Capa de adaptación ATM 1 (ATM Adaption Layer 1, AAL1)*

AAL1, es un servicio orientado a conexión, es un conjunto de aplicaciones emulando a un circuito, como la voz y la videoconferencia. La emulación del circuito

esta acomodado a los equipos insertados a la red ATM. AAL1 requiere tiempo de sincronización entre el destino y el origen. Por esa razón, AAL1 depende del medio porque debe soportar el reloj para sincronizar. AAL1 para transmitir una celda debe seguir los 3 pasos siguientes (*ver Gráfico 1-6*). Primero, Insertar muestras de sincronización dentro del campo de carga. Segundo, Añadir los campos de número de secuencia y el número de protección de secuencia, para proveer información que reciben de AAL1 usada para verificar si la recepción de las celdas es recibida en el orden correcto. Tercero, el campo de carga siempre debe tener 48 bytes, sino cumple con este valor, se añaden bytes hasta llegar a los 48 bytes. [5]



Gráfico 1-6 AAL1 prepara una celda para la transmisión[14]

- *Capa de adaptación ATM 3/4 (ATM Adaption Layer 3/4, AAL 3/4)*

AAL3/4 soporta comunicación de datos orientado a conexión y sin conexión. Fue diseñada para proveer servicio de redes y conjuntamente con SMDS (*Switched Multimegabit Data Service*). AAL3/4 usa SMDS para transmitir paquetes sobre las redes ATM. La transmisión de celdas se realiza en cuatro pasos. Primero, la subcapa de convergencia, crea la unidad de dato (PDU) que es generada con unas marcas al inicio y

final de frame, y añadido al tamaño del campo al final. Segundo, subcapa de segmentación y ensamblaje, fragmenta el PDU y le coloca una cabecera. Entonces, esta subcapa le añade a cada PDU, fragmentado un control de errores mediante el CRC-10. Finalmente, el PDU completo llega con el campo de carga dentro de una celda ATM donde pretende ser la cabecera estándar ATM. La cabecera tiene tres campos de información: 1) tipo, 2) número de secuencia y 3) identificador de multiplexación. El campo tipo identifica si la celda esta en el inicio, en el medio o al final del mensaje que se transmite. El campo número de secuencia identifica el orden en cual llegan las celdas para ensamblarlas. El campo identificador de multiplexación, es el que determina que celdas son de distintos orígenes de tráfico sobre el mismo circuito virtual para enviar las celdas correctas para ensamblarlas en el destino. [5]

- *Capa de adaptación ATM 5 (ATM Adaption Layer 5)*

AAL5 es la primera AAL para datos que soporta servicios de comunicación orientado a conexión y sin

conexión. Normalmente se la usaba para transmitir IP sobre ATM y emulación de LAN (LANE). AAL5 es conocido también como una simple y eficiente capa de adaptación, porque la subcapa de segmentación y ensamblaje simplemente acepta el PDU y lo segmenta en 48 octetos sin añadir campos adicionales. AAL5 prepara la celda para transmitirla en 3 pasos. Primero, la subcapa de convergencia añade un relleno de tamaño variable y 8 bytes al final del frame. El relleno asegura que la celda ATM será máxima de 48 bytes. Los 8 bytes aseguran la detección de errores mediante CRC sobre todo el PDU. Esto permite al AAL5 recibir detección de errores de bit, pérdida de celdas o fuera de secuencia. Segundo, la subcapa de segmentación y ensamblaje segmenta el PDU en un bloque de 48 bytes. Finalmente, la capa ATM coloca cada bloque dentro del campo de carga de la celda ATM. Para todas las celdas excepto para la última, el bit de tipo de carga se le asigna cero para indicar que la celda no es la última de

la serie que representa un frame. Pero, la última celda, el bit de tipo de carga se le asigna uno. [5]

Además, una característica importante de la tecnología ATM es la posibilidad de definir canales virtuales (VCC, Virtual Channel Connection). Una VCC es una unidad de conmutación en una red ATM y se establece a través de la red entre dos usuarios finales, intercambiándose sobre la conexión celdas de tamaño fijo en ambos sentidos. El canal puede funcionar con distintas velocidades de transmisión.

Los canales virtuales son agrupados en caminos virtuales (VPC, *Virtual Path Connection*, ver Gráfico 1-7). Esto se hace para contener el tráfico en la red dedicado a tareas de control y enrutamiento de las celdas. Los canales virtuales se agrupan siempre y cuando compartan rutas comunes a través de la red. De esta forma las acciones de gestión de la red se pueden aplicar a un reducido número de grupos (VPC) en lugar de a un gran número de conexiones individuales (VCC). [5]



Gráfico 1-7 Canales Virtuales[15]

1.2.5. Formato de la cabecera en las celdas ATM

La cabecera de las celdas ATM pueden tener dos formatos (ver Gráfico 1-8): UNI (*User Network Interface*) y NNI (*Network to Network Interface*). Como fue mencionado en la sección 1.2.3, la cabecera UNI es usado para la comunicación entre terminales y switches ATM en una red privada ATM; y, la cabecera NNI es usada para la comunicación entre switches ATM. Además, la cabecera NNI no incluye el campo de Control de Flujo Genérico (*Generic Flow Control, GFC*). Adicionalmente, la cabecera NNI tiene el campo de Identificador de Ruta Virtual (*Virtual Path Identifier, VPI*) que ocupa los primeros 12 bits, permitiendo largas tramas de información entre switches ATM públicos. [5]

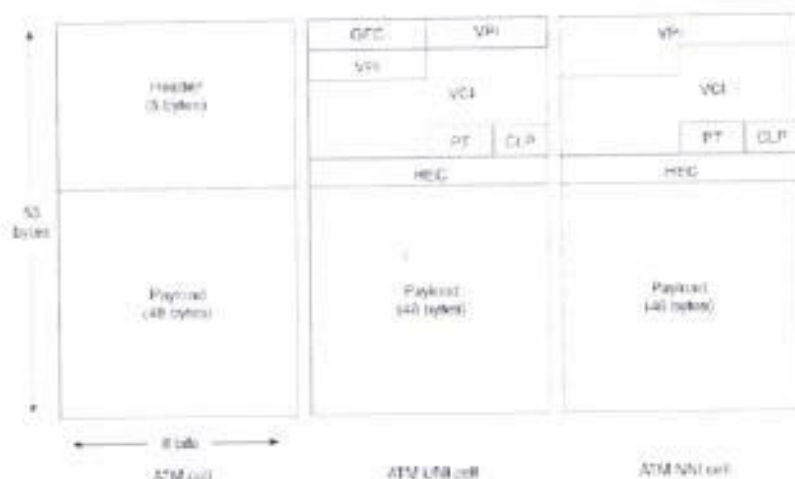


Gráfico 1-8 Distintos formatos de la cabecera de una celda ATM[16]

La descripción de los campos que están en las distintas cabeceras de la celda ATM y que se muestra en el Gráfico 1- 8, es:

- *Control de flujo genérico (Generic Flow Control, GFC)*
Provee funciones locales, como la identificación de múltiples estaciones que comparten una interfaz ATM. Este campo es típicamente no usado y ese es el valor por omisión.
- *Identificador de ruta virtual (Virtual Path Identifier, VPI)*

En conjunto con el VCI, identifica el próximo destino de una celda y la forma cómo pasa a través de varios switches ATM hasta llegar a su destino.

- *Identificador de canal virtual (Virtual Channel Identifier, VCI)*

En conjunto con el CPI, identifica el próximo destino de una celda y la forma cómo pasa a través de varios switches ATM hasta llegar a su destino.

- *Tipo de carga (Payload Type, PT)*

Indica en el primer bit, si el contenido de la celda es datos del usuario o datos de control. Si la celda contiene datos del usuario, el segundo bit indicará congestión y el tercer bit indicará si es la última celda en una serie de celdas es un frame de la capa AAL5

- *Prioridad de pérdida de congestión (Congestion Loss Priority, CLP)*

Este campo indica si la celda debe ser descartada, si se encuentra extremadamente congestionada para moverse a través de la red. Si el bit es igual a 1, la celda debe ser descartada. Por preferencia las celdas viajan con el valor cero.

- *Cabecera de control de error (Header Error Control, HEC)*

Calcula el checksum (verifica errores) solo en la propia cabecera

1.2.6. LANE

LANE es un estándar definido por el "ATM FORUM" que permite a las estaciones o terminales conectadas mediante tecnología ATM, tener los mismos beneficios de una LAN como son: una Ethernet o Token Ring (ver Gráfico 1-9). El protocolo LANE emula una LAN sobre las capas de una red ATM mediante mecanismos para emular IEEE 802.3 y IEEE 802.5. [5]

El protocolo LANE define interfaces para los protocolos en las capas superiores que son idénticos a los existentes en las redes LAN. El frame se transmite a través de la red ATM que es encapsulado en un formato válido para LAN. El protocolo LANE sencillamente hace que la red ATM parezca y funcione como una red Ethernet o Token Ring. [5]

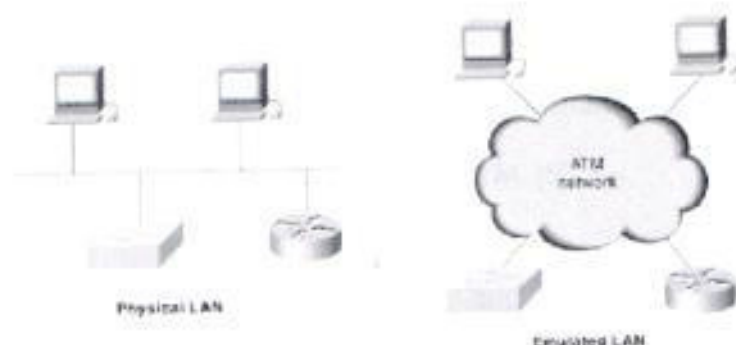


Gráfico 1-9 Funcionamiento del protocolo LANE[17]

Arquitectura LANE

La función básica del protocolo LANE es resolver las direcciones MAC a direcciones ATM para que los terminales puedan conectarse directamente y enviar información entre ellos. El protocolo LANE puede desarrollarse sobre dos tipos de equipos conectados al ATM (*ver Gráfico 1-10*)[5]:

- Tarjetas de red ATM
- Equipos de internetworking y switching para LAN.

Las tarjetas de red ATM implementan el protocolo LANE y la interfaces a la red ATM, pero los servicios de interfaces LAN para los protocolos superiores están incorporados en los terminales. Los protocolos de la capa de red en los terminales continúan

comunicándose mediante los procedimientos habituales de LAN. Los equipos que forman parte de esta implementación permiten usar un gran ancho de banda de la red ATM. [5]

Los equipos de switching y ruteo de LAN conectados a una red ATM permiten terminar de implementar el protocolo LANE. Estos dispositivos al trabajar juntos y conectados directamente a un host ATM con una tarjeta de red ATM, están usando el servicio de VLAN (red virtual) en donde los puertos del switch son asignados a una VLAN independiente de la ubicación física. [5]

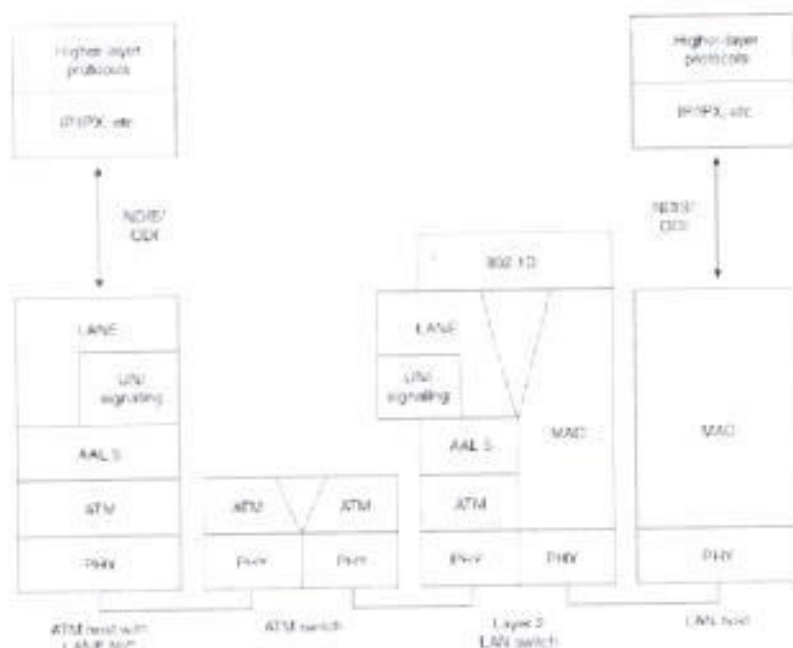


Gráfico 1-10 Arquitectura del protocolo LANE[18]

Componentes del protocolo LANE

El protocolo LANE define la operación de una ELAN o VLAN. Múltiples ELANs pueden existir simultáneamente en una red ATM, la ELAN puede emular una Ethernet o una Token Ring y tiene los siguientes componentes (ver Gráfico 1-11):

- *Cliente emulador LAN (LAN Emulation Client, LEC)*

El LEC es una entidad dentro de un sistema final que re-envía datos, resuelve dirección y registra la direcciones MAC mediante un servidor que emula una LAN (LES).

También provee una interfase estándar de LAN para los protocolos de capas superiores. Los sistemas finales ATM que se conectan a múltiples ELANs tienen un LEC por ELAN.

- *Servidor emulador de LAN (LAN Emulation Server, LES)*

El LES provee un punto de control central para los LECs para reenviar el registro y la información de control. Sólo existe una LES por ELAN.

- *Broadcast y unknown server (Broadcast and Unknown Server, BUS)*

El BUS es un servidor multicast que es usado para inundar tráfico con direcciones desconocidas de destino y reenviar el tráfico multicast y broadcast a los clientes de una particular ELAN. Cada ELAN es asociada con solo un BUS por ELAN.

- *Servidor de configuración para emular LAN (LAN Emulation Configuration Server, LECS)*

El LECS mantiene una base de datos de LECs y de ELAN donde se ubican. Este servidor acepta las búsquedas provenientes de los LECs y responde con el identificador de

la ELAN apropiada, nombrada con la dirección ATM del LES que es el servidor de la ELAN apropiada. Un LECS por servidor de dominio administrado para todas las ELANs dentro del dominio. [5]



Gráfico 1-11 Componentes de una LANE[19]

1.2.7. Aplicaciones de la tecnología ATM

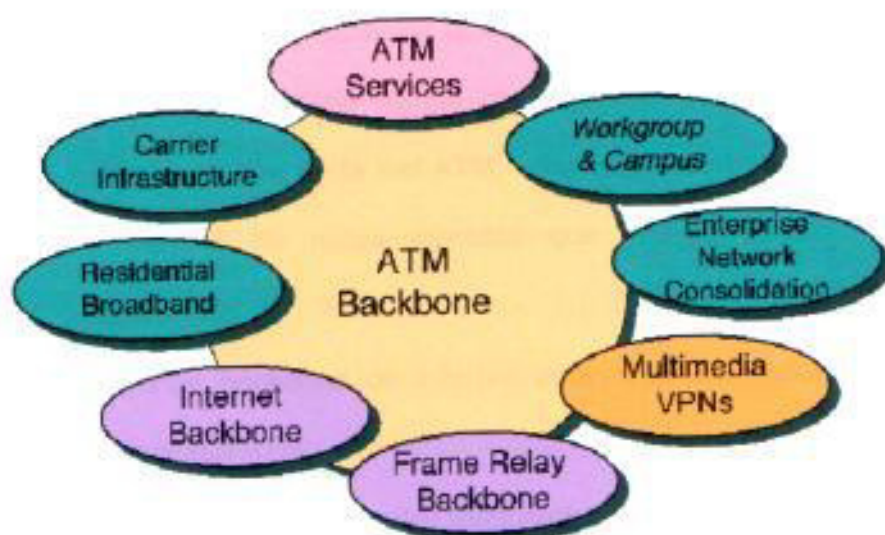


Gráfico 1-12 Tecnologías, estándares y servicios de la tecnología ATM[20]

La tecnología ATM tiene un amplio de rango aplicaciones en el ambiente de redes de computadoras. Algunas de las aplicaciones son [7]:

- Proveedor de servicio global que introduce u ofrece servicios ATM a usuarios de negocios
- Usuarios empresariales que desarrollan campus de redes ATM basados en el estándar ATM LANE.
- Conexiones para edificios o redes WAN que soportan ATM, transmisión de voz, frame-raley y ruteo integrado de multiprotocolos.

- Proveedores de servicios que construyen redes ATM para ofrecer un amplio rango de servicios. Por ejemplo, administración de la red ATM, transmisión de voz y video, capacidad de redes privadas que incluyen acceso a multimedia.
- Algunos backbone de Internet están implementados con tecnología ATM.
- Infraestructura para redes telefónicas y líneas privadas.

Además, la red ATM puede transmitir simultáneamente diferentes tipos de tráfico. Las clases de servicio proporcionadas por ATM son las siguientes:

- *Servicio de Tiempo Real:*
 - A velocidad constante (*CBR, Constant Bit Rate*).
Datos en tiempo real constantes; como, el video y audio sin comprimir.
 - A velocidad variable en tiempo real (*VBR-RT, Variable Bit Rate- Real Time*). Este servicio es similar al *VBR-NRT* pero fue diseñado para aplicaciones que son sensitivas a la variación de

retardo en las celdas. Ejemplos de *VBR-RT* es el streaming de video comprimido o decodificado. [8]

- *Servicio de Tiempo No Real:*
 - A velocidad variable en tiempo no real (*VBR-NRT, Variable Bit Rate – Non-Real time*). Datos que presentan requisitos temporales críticos pero no de tiempo real; como las transacciones bancarias.
 - A velocidad disponible (*ABR, Available Bit Rate*). Datos que requieren un reparto equitativo del canal entre las distintas fuentes de datos *ABR*; como, la interconexión de redes.
 - A velocidad no especificada (*UBR, Unspecified Bit Rate*). Datos sin requisitos temporales significativos; como, mensajería, correo electrónico. [8]

1.3. ¿Por qué implementarla dentro de la ESPOL?

Dentro del campus Gustavo Galindo existen ciertas deficiencias al acceso de información para las comunidades de aprendizaje. La cantidad de estudiantes y laboratorios no satisfacen esta necesidad. En la actualidad, existen ocho laboratorios equipados que están

implementados en las distintas Facultades e Institutos de la ESPOL. La cantidad de computadoras que están disponibles para los estudiantes es menos del 30% de la población estudiantil. La tabla 1-1, muestra la distribución de las computadoras en cada uno de los laboratorios dentro del campus Gustavo Galindo.

Unidad	PC's conectadas en red
FIEC	57
FIMCP	28
FIMCM	5
FICT	16
MATEMATICAS	59
ICHE	54
BIBLIOTECA CENTRAL	191
BIBLIOTECA TECNOLOGIA	20

Tabla 1-1 Distribución de las computadoras en los laboratorios [21]

Un problema que tiene la infraestructura actual de la red interna es la dificultad de interconectar nuevos puntos o edificios que no pertenecen a la red. La forma como se conectan la mayoría de los edificios es mediante fibra óptica o UTP (*Unshielded Twisted-Par*). Los cables (independiente si es fibra óptica o UTP) son pasados mediante

tuberías subterráneas pero la mayoría de edificios nuevos no tienen rutas de tubería cercana. Una solución a este problema es ampliar la infraestructura de la red interna mediante dispositivos inalámbricos. Las ventajas que implica tener dispositivos inalámbricos son:

- Menor tiempo en la instalación de las celdas inalámbricas o de los enlaces punto a punto con relación al cableado estructurado.
- Mayor escalabilidad y flexibilidad en la infraestructura.
- Mayor acceso de red en un área física.
- Extender la cobertura de la red interna de la ESPOL a menor costo.
- La tendencia de la tecnología esta dirigida hacia el Internet móvil y la ESPOL como institución educativa líder en el Ecuador no puede quedar atrás.

CAPITULO 2

2. ANÁLISIS

2.1. Características actuales de la red interna de la ESPOL

2.1.1. Descripción física del backbone

El diseño de la red interna es tipo delta (*ver Gráfico 2-1*), todos los Centros de Investigaciones, Facultades e Institutos dentro de la ESPOL están conectados con CESERCOMP. CESERCOMP internamente concentra todo el tráfico de la red en una malla ATM y externamente distribuye el tráfico mediante Ethernet.

En cada Facultad, Instituto y Centro de Investigación se utilizó los estándares para cableado estructurado con cables UTP

(*Unshield Twister Pair*), que es el cable par trenzado para la transmisión de datos. La conexión de los edificios dentro del campus Gustavo Galindo al backbone se realizó con fibra óptica multimodo. Este tipo de conexión también se uso para el enlace ATM que integra el backbone.

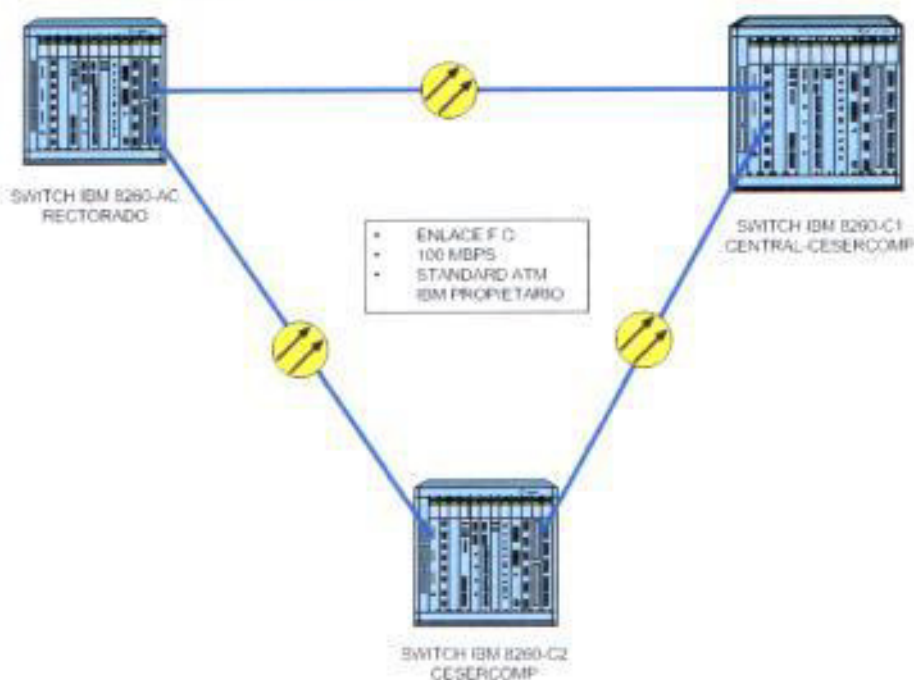


Gráfico 2-1 Esquema físico de la malla ATM[49]

EQUIPOS DENTRO DEL BACKBONE

El backbone interno de la ESPOL está implementado con tres switches ATM IBM modelo 8260. Los equipos están

interconectados por una conexión ATM formando una malla, esta conexión es mediante fibra óptica. La conexión ATM de los equipos IBM se realiza a través de fibra óptica con conectores SC que permiten conectarse a una velocidad de 100 Mbps utilizando interfaces físicas ATM TAXI 5b/4b.[22] Estos equipos concentran toda la red interna del campus, las cuales se muestran en la *Tabla 2-1* y en los *Gráficos 2-2, 2-3 y 2-4*:

RED/FACULTAD	TIPO DE CONEXION	EQUIPO DE BACKBONE	MODULO
CESERCOMP	Ethernet/UTP	8260 A – 10 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
Rectorado	Ethernet/UTP	8260 A – 10 (Rectorado)	E04M-MOD Etherflex
Biblioteca	Ethernet/FO	8260 A – 17 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex – E06XR Bridge
Bienestar	Ethernet/UTP	8260 A-10 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex – E06XR

			Bridge
Básico Ingeniería	Ethernet/FO	8260 A-10 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
FIEC	Ethernet/FO	8260 A-17 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
FIMCP	Ethernet/FO	8260 A-10 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
FIMCM	Ethernet/FO	8260 A-10 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
FICT	Ethernet/FO	8260 A-10 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
Tecnología	Ethernet/FO	8260 A-17 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
Peñas	Ethernet/FO	8260 A-17 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
Red Central/ESPOLTEL	Ethernet/FO	8260 A-17 (CESERCOMP)	E04M-MOD Etherflex
Servidor IBM RS/6000 Network Management	ATM OC-3 155 Mbps/FO	8260 A-17 (CESERCOMP)	A3-MB155 ATM

Servidor IBM	ATM	OC-3	8260 A-17	A3-MB155
RS/6000 Base de Datos	155/FO		(CESERCOMP)	ATM
IBM MSS Server	ATM	OC-3	8260 A-17	A3-MB155
Servidor Multiprotocol Switched Services	155/FO		(CESERCOMP)	ATM

Tabla 2-1 Conexiones dentro del backbone a nivel físico [66]

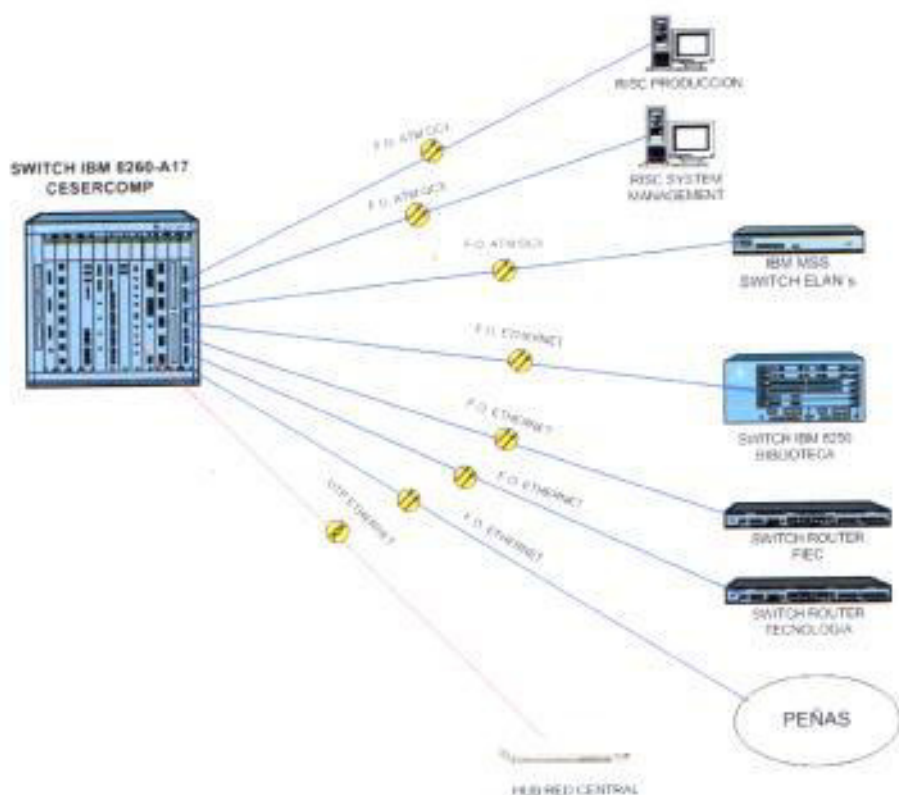


Gráfico 2-2 Esquema de conexiones del switch IBM 8260-A17 ubicado en CESERCOMP

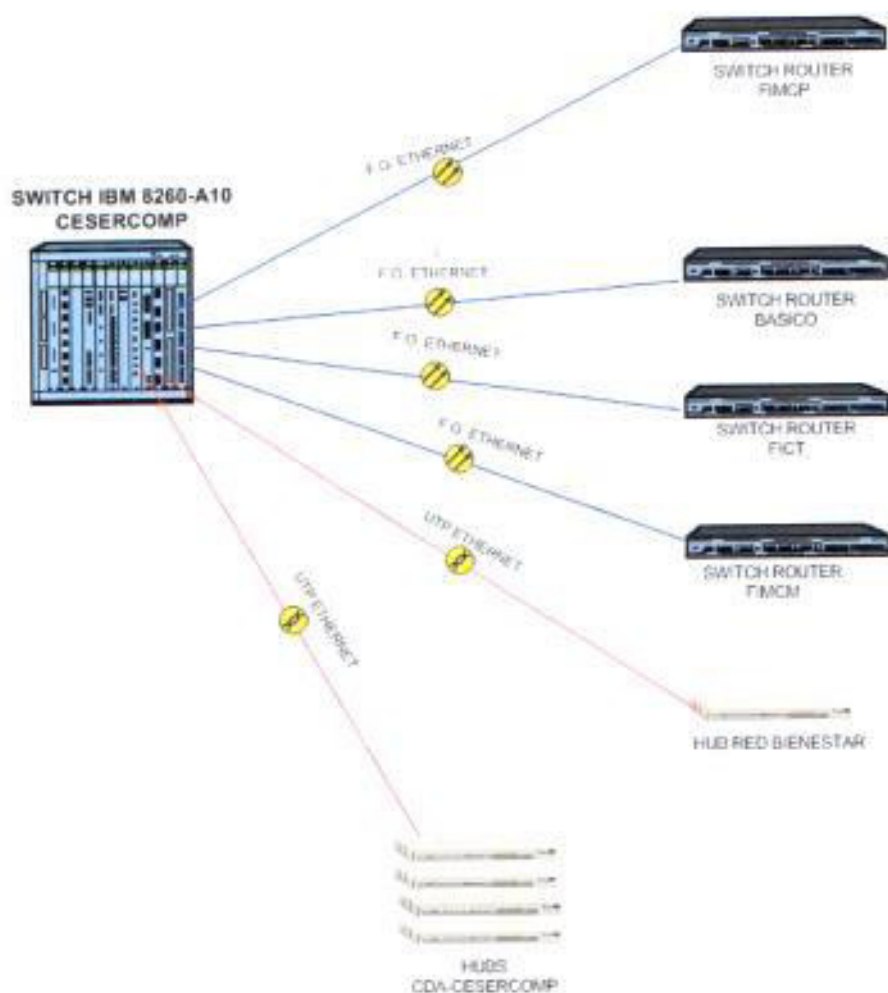
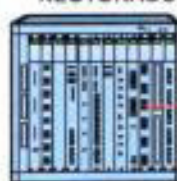


Gráfico 2-3 Esquema de conexiones del switch IBM 8260-A10 ubicado en CESERCOMP[50]

SWITCH IBM 8260-A10
RECTORADO



UTP ETHERNET



HUGS ADMINISTRACION
CENTRAL

**Gráfico 2-4 Esquema de conexiones del switch IBM 8260-A10
ubicado en RECTORADO**

EQUIPOS DE CONEXION

Los equipos ubicados en las facultades están conectados a través de fibra óptica o cable UTP, esto depende de su ubicación con respecto a CESERCOMP. Los equipos que están conectados con el backbone son switch ethernet (Capa 2) y switch-router(Capa 3).[23]

A continuación se muestra la lista de equipos existentes y características técnicas:

UBICACIÓN	EQUIPO	CARACTERISTICA	NUMERO DE PUERTOS	TIPO DE CONEXION
Biblioteca	IBM 8250 Hub Multiprocolo	Concentrador Ethernet de 6 Slots	6 puertos Fibra 48 puertos UTP	Fibra Optica Multimodo (10 BaseFL)
Bienestar	3Com Hub	Concentrador Ethernet	24 puertos UTP	Cable UTP Par Trenzado(10 BaseTx)
Básico	IBM 8273 10E Ethernet Route Switch	Switch de Capa 2-3 Ethernet	12 puertos UTP	Fibra Optica Multimodo (10 BaseFL)
FIEC	IBM 8273 10U Ethernet Route Switch	Switch de Capa 2-3 Ethernet	4 puertos Fibra 1 puerto UTP	Fibra Optica Multimodo (10 Base FL)

UBICACIÓN	EQUIPO	CARACTERISTICA	NUMERO DE PUERTOS	TIPO DE CONEXION
FIMCM	3Com Corebuilder 3500 Switch Router	Switch de Capa 2-3 Ethernet	24 puertos UTP	Fibra Optica Multimodo(10 BaseFL)
FICT	IBM 8273 10U Ethernet Route Switch	Switch de Capa 2-3 Ethernet	2 puertos UTP 1 puerto Fibra	Fibra Optica Multimodo(10 BaseFL)
FIMCP	IBM 8273 10U Ethernet Route Switch	Switch de Capa 2-3 Ethernet	12 puertos UTP	Fibra Optica Multimodo(10 BaseFL)
Tecnologías	3Com Corebuilder	Switch de Capa 2-3 Ethernet	6 puertos UTP	Fibra Optica Multimodo(10

UBICACIÓN	EQUIPO	CARACTERISTICA	NUMERO DE PUERTOS	TIPO DE CONEXION
	3500 Switch Router			BaseFL)

Tabla 2-2 Equipos en los distintos puntos dentro del campus[67]

Como se puede apreciar en la *tabla 2-2*, la mayor parte de los equipos que están instalados en las facultades y centros de investigación son switch de capa 3.

Los switch de capa 3 tienen las ventajas de segmentar el dominio de colisión (capa2) y segmentar el dominio de broadcast (capa3). Es decir, puede dividir una red Ethernet tanto físicamente como lógicamente. El switch tiene interfases o puertos que están asociados a una dirección IP que están asociados como puertos de enlace o gateways en sus respectivas redes. Los gateways permiten comunicar distintas redes.

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE BACKBONE

Como fue mencionado antes, el backbone está formado por tres equipos IBM 8260-Switching Hub Multiprotocol (tipo chasis).

La ubicación de los equipos es la siguiente:

- Modelo 8260 A17 está ubicado en CESERCOMP
- Modelo 8260 A10 está ubicado en CESERCOMP
- Modelo 8260 A17 está ubicado en el edificio del Rectorado[24]

La diferencia entre los A17 y A10 es la cantidad de slots. El modelo A17 tiene 17 slots y el modelo A10 tiene 10 slots. Las características y funcionalidad de los equipos no difieren con el tipo de chasis.

Las características de los equipos son las siguientes[24]:

- Backplane Multiprotocolo con soporte para tecnologías Ethernet, Token Ring y FDDI.
- Backplane ATM adicional para soporte de interfaces ATM.
- Backplane pasivo, es decir el backplane no representa un punto de falla pues no contiene circuitos o elementos activos.

- Soporte de configuraciones de alta disponibilidad, es decir redundancia de elementos críticos como fuentes de poder, controladores y ventiladores.
- Módulos hot-swap, los módulos pueden ser reemplazados o cambiados sin apagar el equipo (disminuye el down time).
- Capacidad para soportar módulos de diferentes tecnologías como Ethernet, Token Ring, FDDI y ATM.
- Soporte de configuración de Bridge-Router en los segmentos o interfaces Ethernet.

Como se puede apreciar en las características de los equipos en el backbone, los equipos disponen de un backplane multiprotocolo y un backplane ATM. Dentro de la ESPOL el backplane multiprotocolo es básicamente Ethernet y se usa para conexiones remotas; y, el backplane ATM se usa para concentrar el backbone. La conexión entre dos backplane se logra mediante módulos y tarjetas específicas como son Bridge ATM – Ethernet.[24]

Los equipos 8260 tienen instalados los siguientes módulos que se muestran en las *tablas 2-3, 2-4 y 2-5*:

MODULO	CARACTERISTICA	CANTIDAD	SLOT
DMM Controler	Tarjeta Controladora para Backplane Ethernet	1	1
A4-SC100 ATM	Tarjeta de cuatro puertos ATM- TAXI a 100 Mbps, conectores SC	1	2
EO4M-OD	Tarjeta Ethernet Hub con 2 módulos de 4 puertos RJ-45 y un módulo de 2 puertos de fibra ST	1	6
A04MB- BRG	Tarjeta Bridge ATM-Ethernet con 4 interfaces RJ-45	1	7-8
A-CPSW Switch	Switch ATM, controladora para Backplane ATM	1	9-10

Tabla 2- 3 Chasis 8260-A10 (Ubicación Rectorado)[68]

MODULO	CARACTERISTICA	CANTIDAD	SLOT
DMM Controler	Tarjeta Controladora para Backplane Ethernet	1	1
A4-SC100 ATM	Tarjeta de cuatro puertos ATM- TAXI a 100 Mbps, conectores SC	1	2

MODULO	CARACTERISTICA	CANTIDAD	SLOT
EO6XR Router Bridge	Tarjeta de Bridging-Routing Ethernet hasta para 8 interfaces virtuales	1	5
EO4M-OD	Tarjeta Ethernet Hub con 2 módulos de 4 puertos RJ-45 y un módulo de 2 puertos de fibra ST	1	6
A04MB-RG	Tarjeta Bridge ATM-Ethernet con 4 interfaces RJ-45	1	7-8
A-CPSW Switch	Switch ATM, controladora para Backplane ATM	1	9-10

Tabla 2- 4 Chasis 8260-A10 (Ubicación CESERCOMP)[68]

MODULO	CARACTERISTICA	CANTIDAD	SLOT
DMM Controler	Tarjeta Controladora para Backplane Ethernet	1	1
EO6XR Router Bridge	Tarjeta de Bridging-Routing Ethernet hasta para 8 interfaces virtuales	1	6
EO4M-MOD	Tarjeta Ethernet Hub con 2	1	12

MODULO	CARACTERISTICA	CANTIDAD	SLOT
	módulos de 4 puertos RJ-45 y un módulo de 2 puertos de fibra ST		
A-CPSW Switch	Switch ATM, controladora para Backplane ATM	1	9-10
A04MB-BRG	Tarjeta Bridge ATM-Ethernet con 4 interfaces RJ-45	1	13-14
A4-SC100 ATM	Tarjeta de cuatro puertos AMT-TAXI a 100 Mbps, conectores SC	2	15-16
A3-MB155 ATM	Tarjeta de 3 puertos ATM-OC3 a 155 Mbps, conectores SC	1	17

Tabla 2- 5 Chasis 8260-A17 (Ubicación CESERCOMP)[68]

Los módulos del IBM 8260 cumplen funciones que son detalladas a continuación:

- **AS-SC100 Interfaces ATM**

Tarjeta de Acceso con Interfaces ATM que se conectan al backplane ATM del equipo 8260, la interfaz soporta velocidades de 100 Mbps.

- **A3-MB155 Interfaces ATM**

Tarjeta de Acceso con Interfaces ATM que se conectan al backplane ATM del equipo 8260, la interfaz soporta velocidades de 155 Mbps

- **A-CPSW Switch ATM**

Tarjeta que permite la comunicación entre interfaces ATM (TAXI u OC3), también permite controlar el tráfico ATM. Para la utilización del backplane ATM se requiere al menos una de estas tarjetas

- **AO4MB-BRG ATM-Ethernet**

Permite la conexión entre el backplane ATM y los segmentos de Ethernet, soporta la configuración de un solo cliente ELAN. Solo puede configurarse como cliente de una red ATM y TCP/IP sobre ATM, posee interfaces ethernet RJ-45 para conectarse a los segmentos Ethernet

- **EO4-MOD Etherflex**

Posee slots para la configuración de interfaces ethernet mediante UTP o fibra óptica. Las interfaces se conectan al backplane ethernet que soporta hasta 12 segmentos Ethernet.

- **EO6XR Router-Bridge Ethernet**

Permite la configuración de interfaces TCP/IP asociadas a los segmentos Ethernet del backplane que soporta hasta 8 interfaces IP asociados a segmentos Ethernet. [24]

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS EN LAS FACULTADES

Las Facultades, Institutos y la mayoría de Centros de Investigación están conectados a la red central mediante puertos de enlace o gateways que fueron asignados a cada una de las redes. Los equipos que funcionan como gateways son Switch – Routers. [25] Los modelos de los equipos que funcionan dentro del campus son:

- Switch 3Com CoreBuilder 3500
- RouteSwitch IBM 8273 Nways

Las características técnicas de los dos modelos que se usan dentro del campus se muestran en la *Tabla 2-6*

EQUIPO	Puertos Físicos	Soporte de Uplinks	Soporte de Protocolos
CoreBuilder 3500	Ethernet Fast Ethernet Autosensibles 4 slots para módulos	ATM FDDI Gigabit	TCP/IP IPX/SPX RIP
IBM 8273	Ethernet únicamente 12 puertos RJ-45(modelo 10 E) 8 slots para módulos(modelo 10 U)	ATM FDDI Fast Ethernet WAN (Frame Relay)	TCP/IP IPX/SPX RIP

Tabla 2- 6 Características de los Switch Capa 3 [69]

Cabe señalar que los dos equipos han sido discontinuados por sus respectivas compañías y es complicado realizar upgrades a los equipos. A continuación se muestran los esquemas de algunos ambientes dentro del campus Gustavo Galindo. Los *Gráficos 2-5, 2-*

6 y 2-7 muestran las conexiones físicas de los equipos que están ubicados en el área de Tecnología, Institutos y la red central.

RED TECNOLOGIAS: ESQUEMA FÍSICO

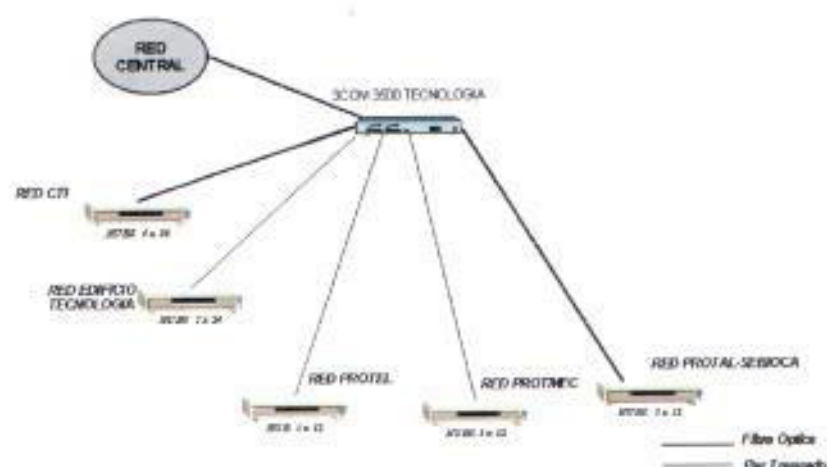


Gráfico 2-5 Esquema físico del área de tecnologías

RED INSTITUTOS: ESQUEMA FÍSICO

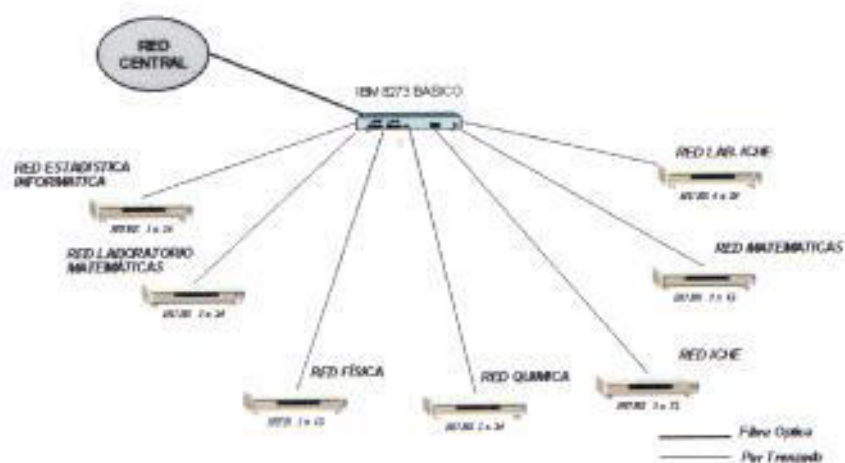


Gráfico 2-6 Esquema físico del área de Institutos

RED CENTRAL: ESQUEMA FÍSICO

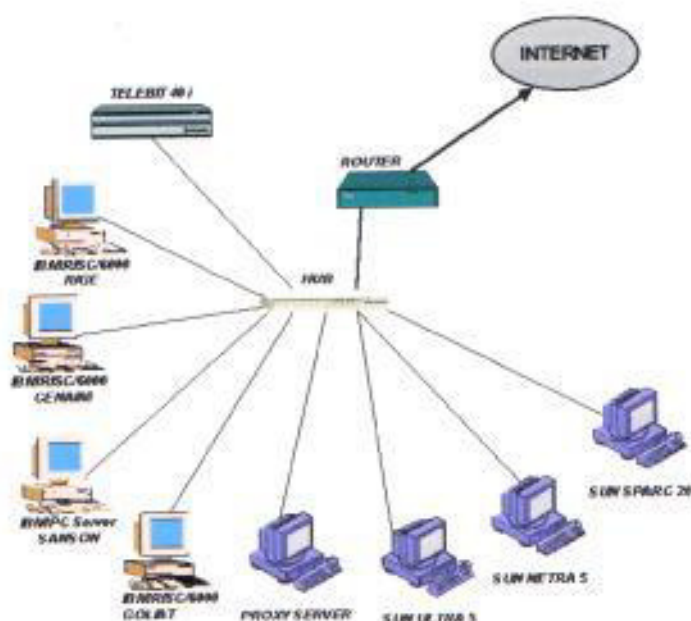


Gráfico 2-7 Esquema físico del área de la red central

2.1.2. Descripción lógica del backbone

La segmentación o distribución lógica dentro del esquema de la ESPOL está formado por redes y sub-redes TCP/IP mediante los equipos instalados dentro del campus. Bajo este esquema se puede encontrar dentro la ESPOL dos tipos de redes: redes públicas y redes privadas.[26]

Las redes privadas son administradas y asignadas por CESERCOMP. Estas redes por ser privadas necesitan un equipo conocido como proxy para acceder al Internet. El proxy funciona como pasarela entre las redes privadas e Internet. Cabe mencionar que Internet está formado por direcciones públicas.[26]

Las redes públicas son asignadas por INTERNIC que regula todas las direcciones que existen en Internet. Es decir, si un host que está en Internet quiere comunicarse con un dispositivo dentro de una red pública, no debería tener ningún problema en accederlo.

Las redes dentro del campus Gustavo Galindo está repartido entre las distintas Facultades, Institutos, Laboratorios y Centro de Investigaciones como se muestra en la tabla 2-7.

UBICACIÓN	CLASE DE DIRECCION	CARACTERISTICA	CAPACIDAD
Red ESPOLTEL	Clase C	Red Pública Red de Acceso al	1 Subred 254 Hosts

UBICACIÓN	CLASE DE DIRECCION	CARACTERISTICA	CAPACIDAD
		Internet	
Red Central (CESERCOM P-ESPOLTEL)	Clase C	Red Pública Red Principal	1 Subred 254 Hosts
Red Administración Central (Rectorado)	Clase B	Red Privada Red del Edificio del Rectorado	1 Subred 65534 Hosts
Red CESERCOMP	Clase C	Red Privada Red de las Instalaciones de CESERCOMP	1 Subred 254 Hosts
Red Network Management (CESERCOM P)	Clase C	Red Privada Se usa solo para el servidor IBM RS/600 de Network Management	1 Subred 254 Hosts
Red de Base de Datos	Clase C	Red Privada Se usa solo para el	1 Subred 254 Hosts

UBICACIÓN	CLASE DE DIRECCION	CARACTERISTICA	CAPACIDAD
(CESERCOM P)		servidor de Base de Datos	
Red Biblioteca (BIBLIOTECA)	Clase C	Red Pública Red de la oficina de Bienestar Politécnico	1 Subred 254 Hosts
Red Bienestar (Bienestar)	Clase C	Red Privada Red de la oficina de Bienestar Politécnico	1 Subred 254 Hosts
Red FIMCP	Clase C	Red Privada Red del Edificio de la FIMCP	1 Subred 254 Hosts
Red FIMCM	Clase C	Red Privada Red del Edificio de la FIMCM	1 Subred 254 Hosts
Red FICT	Clase C	Red Privada Red del Edificio de	1 Subred 254 Hosts

UBICACIÓN	CLASE DE DIRECCION	CARACTERISTICA	CAPACIDAD
		la FICT	
Red FIEC	Clase C	Red Pública Red del Edificio de la FIEC	1 Subred 254 Hosts
Red Edificio 37 (Tecnologías)	Clase C	Red Pública Red del edificio 37 (CTI, CENAIM, CISE, CICYT)	1 Subred 254 Hosts
Red Sebioca (Tecnologías)	Clase C	Red Privada Red del Proyecto SEBIOCA	1 Subred 254 Hosts
Red Edificio de Tecnologías (Tecnologías)	Clase C	Red Privada Red del Edificio de Tecnologías	1 Subred 254 Hosts
Red PROTEL	Clase C	Red Privada Red del Edificio de PROTEL	1 Subred 254 Hosts

UBICACIÓN	CLASE DE DIRECCION	CARACTERISTICA	CAPACIDAD
Red PROTMEC	Clase C	Red Privada Red del Edificio de PROTMEC	1 Subred 254 Hosts
Red Básico (Ingeniería)	Clase C	Red Pública Red del Edificio de Básico y por redes alrededores Subneteada	4 Subredes 62 Hosts

Tabla 2- 7 Distribución lógica de las redes públicas y privadas[70]

Dentro de la distribución de las redes dentro del campus, hay que señalar que la mayoría son clases C sin "subnetting"¹ dejando libres redes de clase B y clase A para configuraciones y asignaciones futuras. Todas las redes internas o VLANs necesitan equipos de red que funciones en la capa 3 para interconectarse entre ellas como son los Switch – Router que tienen configurado protocolos de enrutamiento estático y RIP para cumplir con ese objetivo.[26] Los Gráficos 2-8, 2-9 y 2-10 muestra los esquemas

¹ Subnetting: Dividir la red ya sea de clase A, B o C en redes que tienen mas subredes o host

lógicos de algunos escenarios dentro del campus Gustavo Galindo.

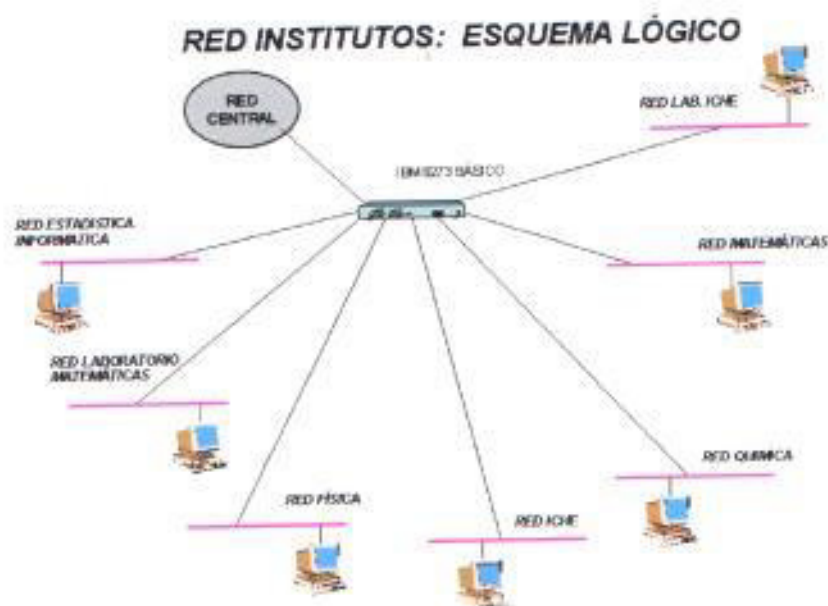


Gráfico 2-8 Esquema lógico del área de los institutos

RED FIEC: ESQUEMA LÓGICO

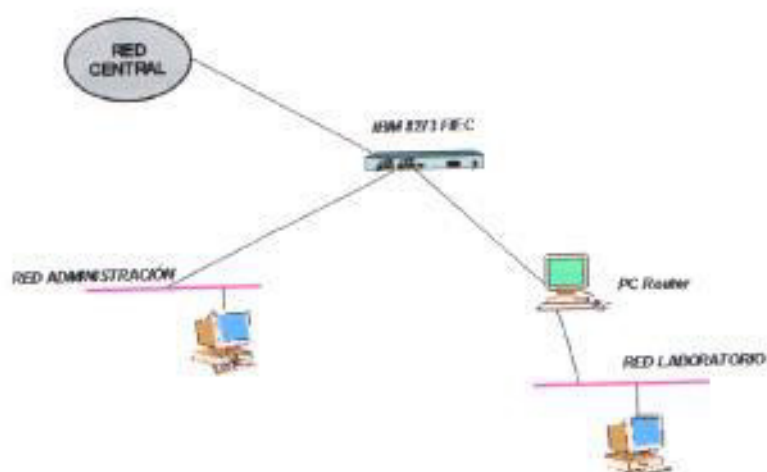


Gráfico 2-9 Esquema lógico de la FIEC

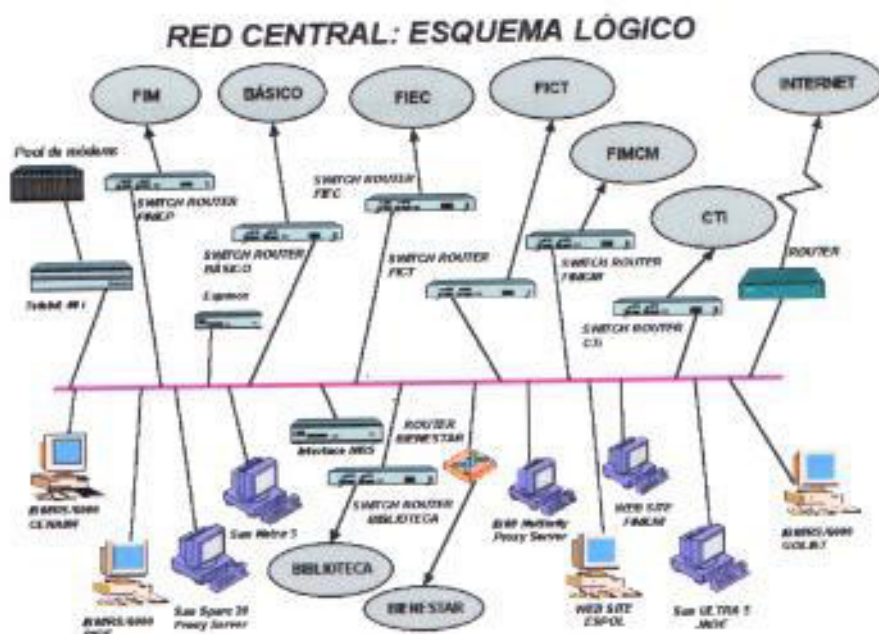


Gráfico 2-10 Esquema lógico de la red central

PROTOSCOLOS DE INTERCONEXION DE LAS REDES INTERNAS

Los protocolos de interconexión sirven para comunicar las distintas redes dentro del campus, en nuestro caso, la ESPOL tiene implementada la red interna basados en TCP/IP. Por ende, la interconexión se ha implementado con los protocolos de enrutamiento disponibles en la pila de protocolos que encierra TCP/IP.[27]

Los protocolos que sirven para enrutamiento funcionan en la capa 3 del modelo OSI. Estos protocolos fueron configurados

en equipos router y switch – router. Los siguientes protocolos de enrutamiento se usan dentro del campus:

- Enrutamiento Estático

Rutas agregadas por el administrador manualmente en los equipos

- RIP

Protocolo de enrutamiento configurable que comparte la información de rutas automáticamente entre equipos adyacentes

El enrutamiento que se realiza mediante los protocolos mencionados está en los gateways de cada red. Todas las computadoras se configuran basadas en TCP/IP; es decir, cada computadora tiene una dirección IP, una submáscara, DNS y el gateway o puerto de enlace. El gateway tiene asignado un puerto a la red que pertenece la computadora, de esta forma se le indica al computador donde dirigirse si desea comunicarse con una computadora que pertenece a otra red. Cada red tiene su propio gateway, todos los gateways intercambian información de las redes a las cuales están conectados.[27]

Dentro del campus Gustavo Galindo el enrutamiento basado en TCP/IP se lo realiza en varios escenarios, los cuales son:

- *Enrutamiento IP basado en ELANs ATM*

Este escenario se encuentra en la interconexión de los módulos ATM de los equipos IBM 8260

- *Enrutamiento IP basado en Bridging—Routing Ethernet*

Este escenario se encuentra en los equipos IBM 8260 que permiten segmentación físico y segmentación lógica ethernet

- *Enrutamiento IP basado en Switching – Routing Ethernet*

Este escenario se encuentra en los equipos que funcionan como switch de capa 3 como son los IBM 8273 y los 3Com CoreBuilder 3500

- *Enrutamiento IP basado en Routers*

Este escenario se encuentra en los ruteadores que conecta la red central o el backbone con el proveedor de Internet y la interconexión con el campus Peñas

CONCLUSIONES DE LA SITUACION ACTUAL DEL BACKBONE

Luego de la descripción realizada desde el punto de vista físico y lógico de la infraestructura de la red interna de la ESPOL en el campus Gustavo Galindo, se puede resumir la situación actual en los siguientes puntos:

- Los equipos IBM modelo 8260 usados en el backbone de la ESPOL están descontinuados y existen en el mercado mejores tecnologías que la ATM a menor costo. También cabe mencionar que el backbone por el momento satisface los requerimientos internos de conectividad a alta velocidades. Las aplicaciones de la tecnología ATM son la transmisión de audio y video con excelente calidad.
- Los equipos 3Com Corebuilder 3500 e IBM RouteSwitch 8273 Nways usados en la Capa de Distribución de la ESPOL están también descontinuados. Las características técnicas de los equipos no son similares como por ejemplo los equipos IBM solo tienen interfaz

Ethernet mientras los equipos 3Com tienen módulos de Fast Ethernet.

- El núcleo de la red es tecnología ATM (150 Mbps) y la capa de distribución es tecnología Ethernet (10Mbps).
- La mayoría de redes internas de la ESPOL son privadas y clases C (1 Subred, 254 Host)
- Los protocolos de interconexión entre las redes son estáticos y dinámicos (RIP).

En conclusión, la infraestructura del backbone de la ESPOL permitiría crecer usando dispositivos inalámbricos porque existe capacidad para generar o configurar nuevas redes privadas y la relación ATM-Red Inalámbrica permitiría ampliar la cobertura del backbone a menor costo.

2.2. Descripción de la tecnología inalámbrica

2.2.1. Tipos de tecnologías inalámbricas

Existen varios tipos de tecnologías inalámbricas pero su utilización depende del escenario en el cual se los quiera usar. El análisis se centrará en dos soluciones en particular: enlaces punto

a punto y redes inalámbricas. Dependiendo de la solución empleada se emplea diferentes tecnologías inalámbricas; y, sus características y topologías son particulares.

2.2.1.1. Enlace punto a punto

La solución para enlaces punto a punto se la usa principalmente para conectar edificios alejados o para edificios imposibles de conectar por un medio físico como un STP o fibra óptica. En esta solución se usa la tecnología inalámbrica basada en ondas de radio y basada en láser.

La tecnología basada en ondas de radio tiene las siguientes características:

- Antenas direccionales u omnidireccionales.
- Línea de vista.
- La tasa de transmisión es de 1, 2, 5 o 11 Mbps
- Distancia máxima entre dispositivos es aprox. 50 Km

(Ver Gráfico 2-11). [28]

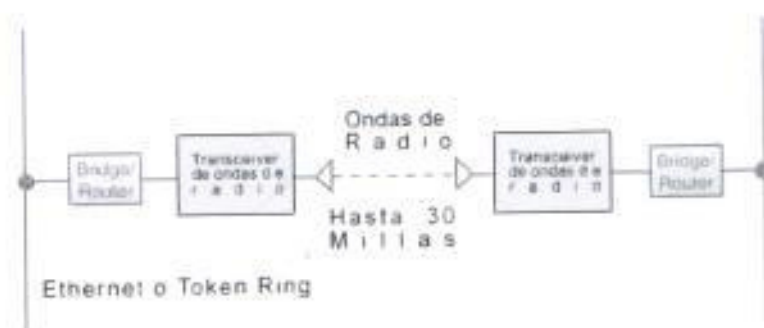


Gráfico 2-11 Enlace punto a punto mediante ondas de radio[51]

La topología permitida por esta tecnología son: enlace punto a punto (Ver Gráfico 2-12) y enlace multipunto (Ver Gráfico 2-13). La topología punto a punto se caracteriza por tener un transmisor, receptor y las antenas direccionales ubicadas normalmente en el techo de los edificios. Las antenas direccionales están apuntando al receptor que está ubicado en el punto o nodo remoto. La topología multipunto se caracteriza por tener un nodo central con una antena omnidireccional y los nodos restantes tienen antenas direccionales que están dirigidas al nodo central.[28]

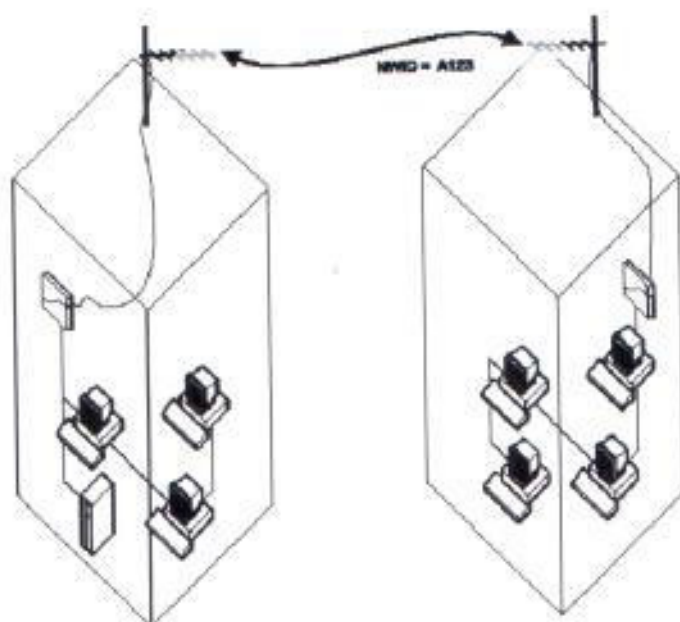


Gráfico 2-12 Topologia punto a punto mediante onda de radio[52]

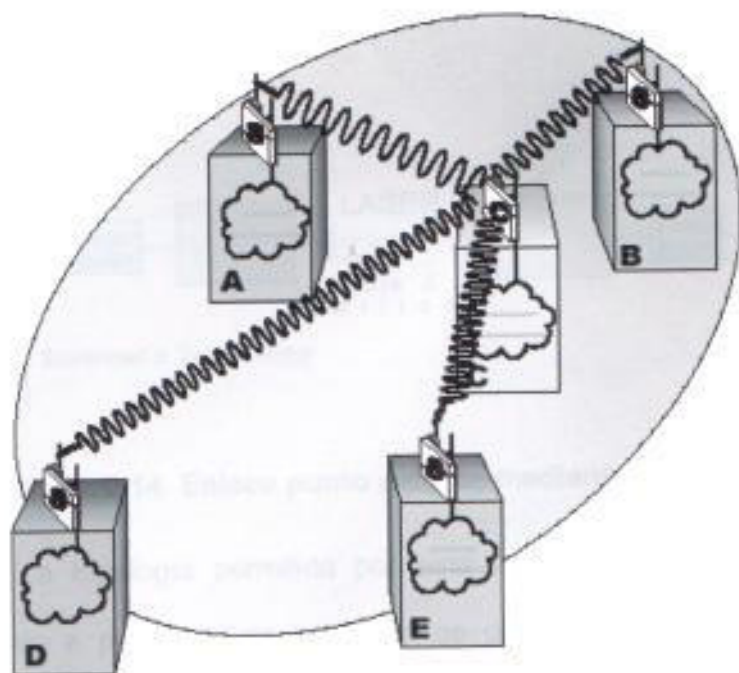


Gráfico 2-13 Topología multipunto mediante onda de radio[53]

La tecnología basada en láser tiene las siguientes características:

- Se usa normalmente el infrarrojo.
- La distancia máxima es aprox. 3 Km (Ver Gráfico 2-14).
- La tasa de transmisión es 10 Mbps (Ethernet), 4/16 Mbps (Token Ring), Fast Ethernet y ATM
- Necesita tener línea de vista.[29]

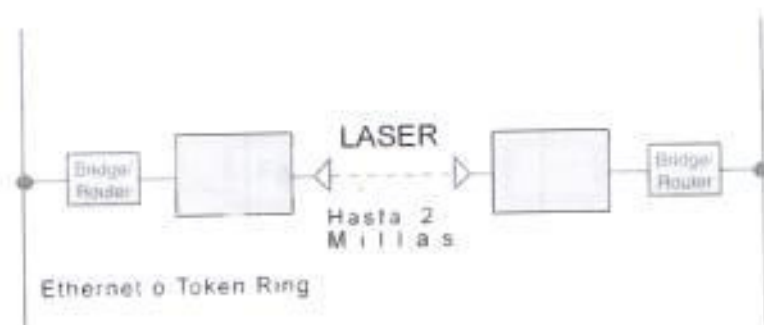


Gráfico 2-14 Enlace punto a punto mediante láser[54]

La topología permitida por esta tecnología es el enlace punto a punto. Esta topología se caracteriza por tener un modem láser que tiene un sistema de modulación que permite transmitir datos a través de las ondas de luz.[29]

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Las dos tecnologías inalámbricas para enlaces entre dos puntos son la tecnología láser y la tecnología de radio. La tecnología láser alcance grandes velocidades de conexión (Fast Ethernet, ATM). La tecnología de radio permite conectar dos puntos lejanos a menor costo.

	Láser	Radio
--	--------------	--------------

<i>Topología</i>	Punto a Punto	Punto a Punto Multipunto a Punto
<i>Ancho de Banda</i>	Ethernet Fast Ethernet ATM	1, 2, 5.5 y 11 Mbps
<i>Distancia entre nodos</i>	3.5 Km	48 Km
<i>Aplicaciones</i>	Enlace entre edificios Transmisión de aplicaciones de video en tiempo real	Enlace entre edificios
<i>Costo</i>	\$ 50,000	\$ 2,000

Tabla 2- 8 Comparación entre la Tecnología Láser y la Tecnología de Radio

En la tabla 2-8 se puede observar las características técnicas de la tecnología láser y la tecnología de radio. La tecnología láser se usa principalmente para aplicaciones críticas como la transmisión de video en tiempo real, esto es por el gran ancho de banda que permite llegar hasta 150 Mbps

(ATM). La tecnología de radio se usa principalmente para conectar edificios o nodos remotos donde el ancho de banda no es primordial como el enlace, esto es por el bajo costo de los equipos en relación con los equipos de tecnología láser y el ancho de banda que se puede obtener.

En conclusión, la tecnología de radio cumple los requerimientos de conectividad para el interior del campus Gustavo Galindo por las siguientes razones:

- El costo para usar tecnología de radio es menor que usar tecnología láser.
- Las aplicaciones dentro del campus Gustavo Galindo no son aplicaciones críticas y la cobertura de la red interna no existe en todos los edificios; por eso, es más importante estar conectado a la red interna que lograr grandes velocidades.
- La tecnología de radio permite tener un nodo central al cual todos los nodos remotos (edificios) se conecten a él.

2.2.1.2. Redes inalámbricas

La solución de redes inalámbricas tiene un rango de aplicaciones mayor a la solución de enlace punto a punto. Generalmente se usa cuando se quiere tener mayor flexibilidad y movilidad de los clientes que están conectados a la red. Esta solución se la puede implementar de 3 formas: ondas de radio, infrarrojo y transmisión de datos por la energía eléctrica.

La tecnología basada en ondas de radio tiene las siguientes características:

- La mayoría de los productos en el mercado se basan en esta tecnología
- No necesita línea de vista
- Interferencia con otros productos (microondas)
- Tasa de transmisión: 1, 2, 5, 11 Mbps
- Dos componentes: Access Point (genera la celda inalámbrica) y la interfaz para el cliente.[30]

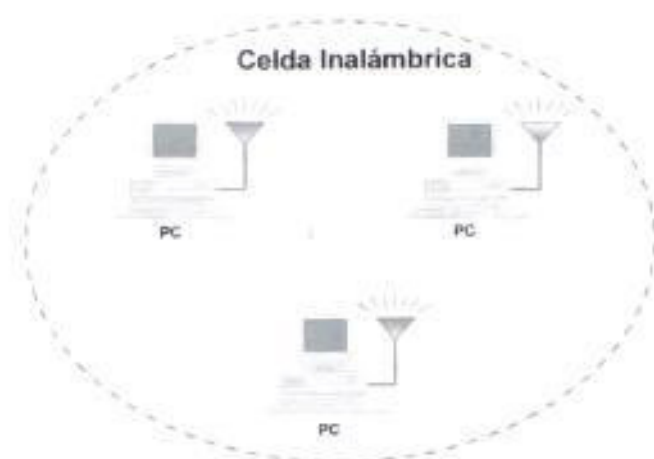


Gráfico 2-15 Topología peer to peer[55]

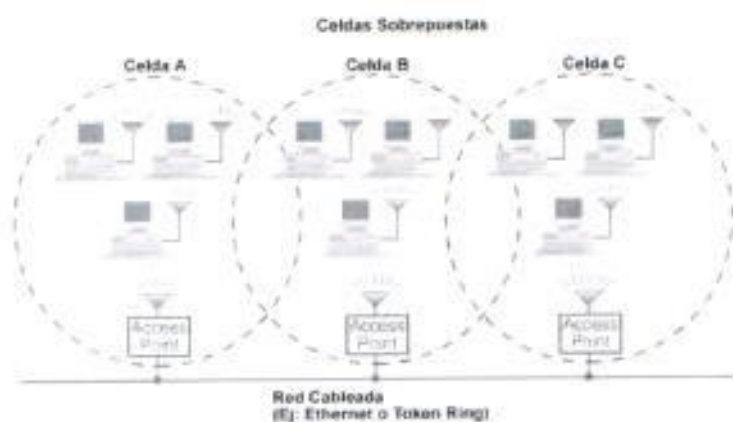


Gráfico 2- 16 Topología multiceldas[56]

Las topologías permitidas por esta tecnología son: peer-to-peer (1 celda, Ver Gráfico 2-15) y múltiples celdas (Ver Gráfico 2-16). La topología peer-to-peer se caracteriza por crear o generar una celda inalámbrica mediante las ondas de radio. Los clientes que están dentro de la celda inalámbrica pueden enviar y recibir datos de otros clientes que están dentro de la misma celda. La topología de múltiples celdas se caracteriza por generar varias celdas inalámbricas que están conectadas entre sí. Los clientes pueden movilizarse entre las celdas sin perder la conexión o el enlace, esto se lo conoce como *roaming*. [30]

Los enlaces infrarrojos tiene las siguientes características:

- Es invisible al ojo humano
- Mayor capacidad y performance
- Dos componentes: la interfaz para el cliente y el "transduce" (envía y recibe las señales infrarrojas) [31]

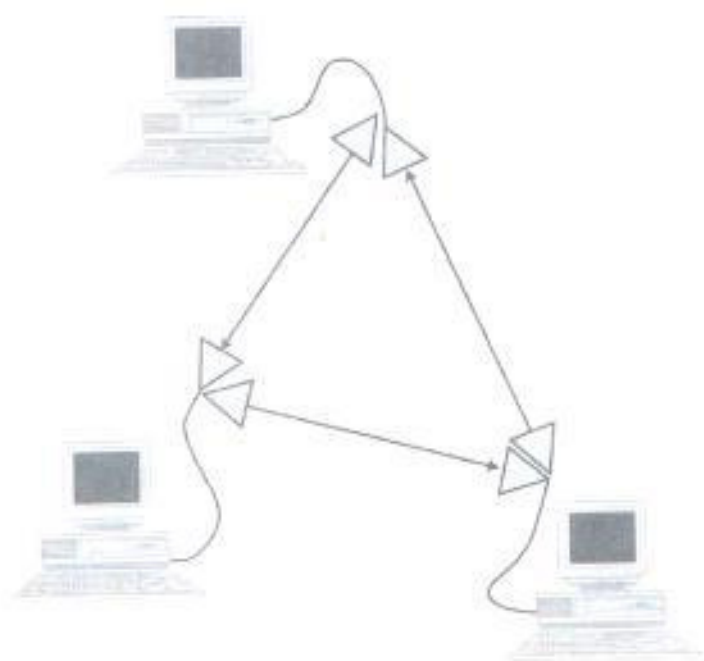


Gráfico 2- 17 Topología punto a punto mediante infrarrojo[57]

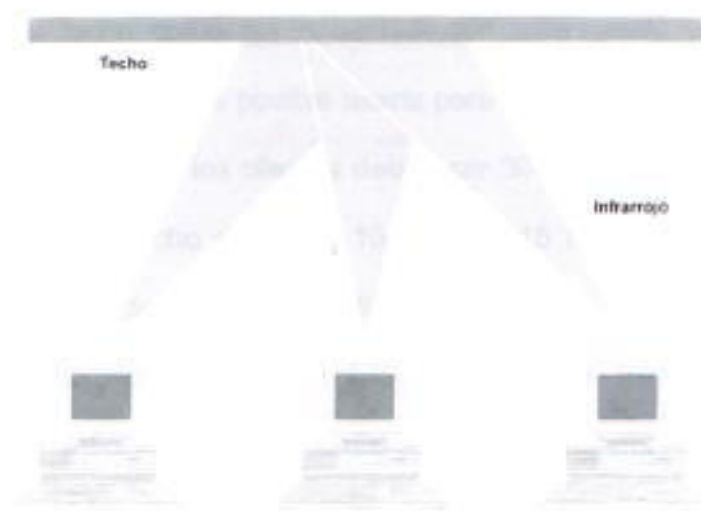


Gráfico 2- 18 Topología difusa mediante infrarrojo[58]

La topologías permitidas por esta tecnología son: punto a punto (Ver Gráfico 2-17) y difuso (Ver Gráfico 2-18). La topología punto a punto se caracteriza por usar 2 “transducer” (1 recepción y 1 transmisión). Los clientes están conectados en anillo mediante los transducer y la transferencia de datos se realiza de la misma forma que en una red Token-Ring. La distancia máxima que pueden estar separados los clientes es 75 ft (22.86 m.). La transferencia de datos puede ser de 4 o 16² Mbps. La topología difusa se caracteriza porque usan el techo como propagador de la señal infrarroja. Los clientes

² La tecnología infrarroja a 16 Mbps esta en desarrollo

usan al techo como punto de reflexión para enviar y recibir datos; por eso, no es posible usarla para lugares en el exterior. La distancia entre los clientes deben ser 30-50 ft (9-15 m.) y la distancia del techo debe ser 10-40 ft (3-15 m.). La tasa de transferencia de datos es 1-4 Mbps. [31]

La tecnología de transmisión de datos a través de la energía eléctrica es una cuasi-tecnología inalámbrica. (Ver *Gráfico 2-19*). Las características de esta tecnología son la siguiente[32]

- El cable de poder transmite los datos como lo hace el modem con la línea telefónica.
- La tasa de transferencia es 14 Mbps.
- Fácil de instalar.
- Bajo costo.
- Los transformadores eléctricos bloquean los datos.

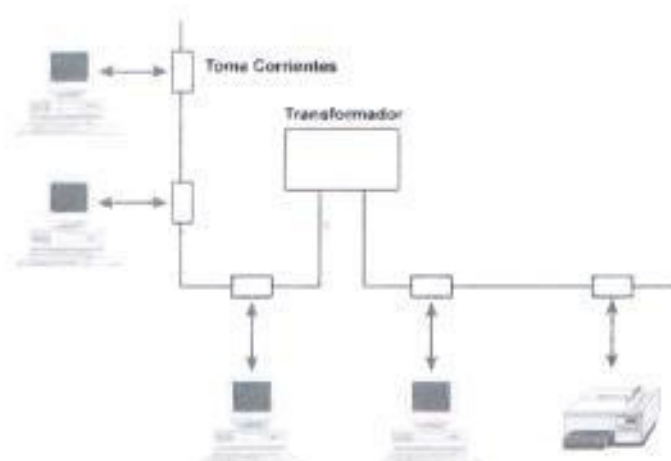


Gráfico 2-19 Esquema de transmisión de datos mediante energía eléctrica[59]

SELECCIÓN DE TECNOLOGÍA

Las tres tecnologías inalámbricas mencionadas anteriormente existen solo productos para la tecnología infrarrojo y la tecnología de radio. La tecnología para transmitir datos usando la energía eléctrica por el momento solo existe en la teoría, por ese motivo no se incluye en el análisis y comparación para la selección de tecnología.

	Infrarrojo	Powerline	Radio
<i>Aplicaciones</i>	Reemplaza	Extensión de una	Versión

	Infrarrojo	Powerline	Radio
	el cable personal como el cable del mouse o teclado	red cableada o inalámbrica	Inalámbrica de una red Ethernet
<i>Ancho de Banda</i>	4 Mbps	16 Mbps	11 Mbps
<i>Interferencia</i>	Ninguna	Transformadores	Otros equipos de radio frecuencia, materiales y equipos que obstruyen la señal
<i>Consumo de energía</i>	Bajo	Alto	Muy alto
<i>Cobertura</i>	4 metro		100 metros

	Infrarrojo	Powerline	Radio
<i>Línea de vista</i>	Si	No	No
<i>Seguridad</i>	Muy seguro	Seguro	Inseguro sino tiene las medidas de seguridad necesarias
<i>Número de Dispositivos que pueden acceder al mismo tiempo</i>	Uno, dedicado	Múltiple, compartido	Múltiple, compartido

Tabla 2- 9 Comparación entre la Tecnología Infrarroja y la de Radio

En la *tabla 2-9* se puede observar las diferencias técnicas entre las tres tecnologías. La tecnología infrarroja

por sus características se la usa principalmente cuando los clientes son PDA o teléfonos celulares por el bajo consumo de energía que necesitan para transmitir datos, la mayoría de los dispositivos ya tienen incorporado un infrarrojo interno y no pierde la conexión por interferencia. La tecnología de radio por sus características se la usa principalmente cuando los clientes son computadoras portátiles por la amplia cobertura de conexión, el número de clientes que pueden acceder al mismo tiempo y el ancho de banda. La tecnología de transferencia de datos se lo usa para extender una red cableada o inalámbrica ya existente

En conclusión, la tecnología de radio permitiría satisfacer los requerimientos de conexión para los clientes de computadoras dentro del campus de la ESPOL por las siguientes razones:

- La cobertura de la tecnología de radio es mayor que la cobertura de la tecnología infrarroja y la tecnología de energía eléctrica.

- La tecnología de radio permite conectar varios clientes al mismo tiempo mientras que la tecnología infrarroja permite conectar un cliente a la vez.
- El ancho de banda de la tecnología de radio es mayor al ancho de banda de la tecnología infrarroja pero menor a la tecnología de transferencia de datos usando energía eléctrica.
- La tecnología de radio no necesita tener línea de vista para conectar los clientes.
- La tecnología de radio tiene configuraciones más flexibles que las otras dos tecnologías

2.2.2. Componentes y características de una red inalámbrica

Las redes inalámbricas tienen las mismas funciones que una red cableada como una Ethernet o una Token Ring. En general, las redes de computadoras deben tener las siguientes funciones para transferir información desde el origen hasta el destino:

- El medio que provee la ruta de bit para la transmisión de datos.

- Las técnicas de acceso al medio para compartir el medio común para todas las computadoras.
- Mecanismos de sincronización y control de errores.
- Mecanismos de ruteo para transferir datos.[33]

Una forma de conocer las funciones específicas de una red es conocer su arquitectura. La arquitectura describe los protocolos, el hardware y el software que constituyen una red. Una arquitectura de red, ya sea cableada o inalámbrica, puede separarse desde dos puntos de vista: la parte física y la parte lógica.

a. La parte física de una red inalámbrica

Los componentes físicos son implementados en las funciones de la capa física, la capa de enlace y la capa de red del modelo OSI. A continuación se explicará cada componente:

- Dispositivos para usuarios finales

Como en cualquier sistema, los usuarios necesitan una interfase con aplicaciones y servicios. Pero en una red, ya sea inalámbrica o cableada, debe existir

una interfaz entre el usuario y la red. Algunos dispositivos para el usuario son:

- Computadoras de escritorio,
 - Computadoras portátiles,
 - Palmtop
 - PDA
 - Impresoras
 - Recolectores de Datos como los lectores de códigos de barras[33]
- Software de red

El software de red se caracteriza por residir en distintas partes de la red. Un sistema operativo orientado a redes, como Microsoft NT Server, puede estar en un computador de alto nivel que provee servicios de impresión, aplicación y archivos. Pero el software para el cliente, está localizado en sus dispositivos con funciones locales o funciones que pasan a través de la red inalámbrica.[33]

- Interfaz de red

Las computadoras procesan información en formato digital, con voltajes bajos que representan 1 y 0. Estas señales son precisas para funciones internas pero no sirven cuando se quiere transportar datos en un medio cableado o inalámbrico. Por eso, la interfaz de red toma los datos en formato digital y los pasa al medio inalámbrico; donde el aire nos permite enviar eficientemente datos entre la fuente y el destino. Normalmente las interfaces son de dos tipos:

- ISA (*Industry Standard Association*)
- PCMCIA (*Personal Computer Memory Card International Association*) [33]

- Antena

La antena controla la señal a través del aire para que el destino la pueda recibir (Ver Gráfico 2-20).

Las antenas tienen las siguientes características:

- Patrón de propagación
- Ganancia

- Poder de transmisión
- Ancho de Banda[33]



Gráfico 2-20 Tipos de antena y la forma de propagación de la señal[60]

- Canal de comunicación

Todos los sistemas emplean un canal de comunicación donde el flujo de información pasa desde el origen hasta el destino. Ethernet usa el par trenzado o cable coaxial. Las redes inalámbricas usan el aire como medio. La lluvia, la nieve, la neblina hasta las partículas de agua en el

aire producen atenuación de la señal. La atenuación es la disminución de la amplitud de la señal y limita el rango del sistema. La forma de combatir la atenuación es incrementar el poder de transmisión de los dispositivos inalámbricos pero en la mayoría de los casos esta limitado por la *Federal Communications Comision (FCC)* y CONATEL; o, incorporar repetidores que reciben la señal atenuada y la reamplifican para transmitirla a la estación final o a otro receptor.[33]

b. La parte lógica de una red inalámbrica

La parte lógica define los protocolos de red, donde la buena administración y la eficiencia significan comunicación. Los computadores personales, los servidores, los ruteadores y otros dispositivos conforman unas reglas bien estrictas para facilitar la coordinación y transferencia de información. [33]

El modelo *OSI (Open System Interconnect)* de 7 capas es un modelo lógico muy usado. OSI especifica un

completo conjunto de funciones agrupadas en capas (Ver *Gráfico 2-21*).[33]

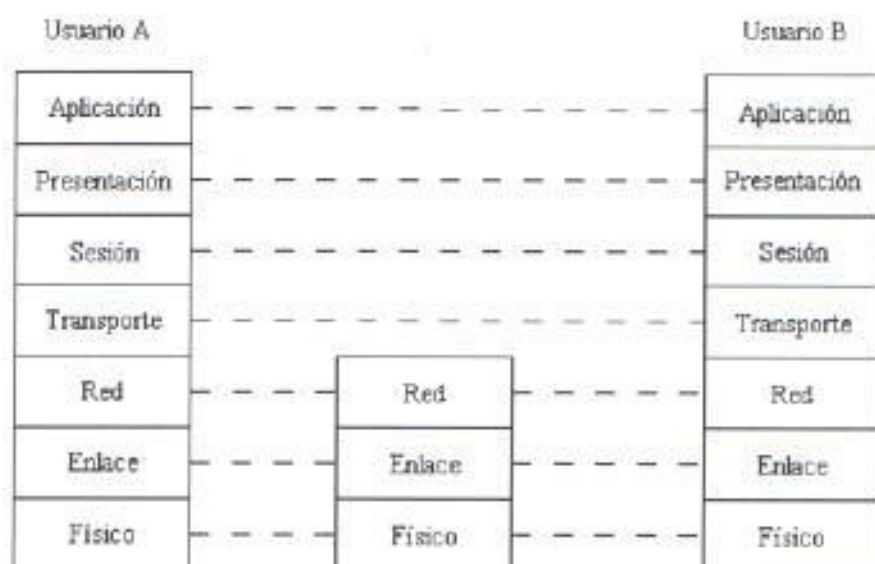


Gráfico 2-21 Modelo de referencia OSI[61]

El modelo de capas OSI provee las siguientes funciones en una red:

- **Capa 7, Capa de Aplicación:** Establece la comunicación con otros usuarios y provee servicios de transferencia de archivos y correo electrónico a los usuarios en la red.

- Capa 6, Capa de Presentación: Negocia la sintaxis para la transferencia de datos de la capa de aplicación y traduce los datos entre distintos tipos, si es necesario.
- Capa 5, Capa de Sesión: Establece, administra y termina las sesiones entre aplicaciones.
- Capa 4, Capa de Transporte: Provee mecanismos para establecer, mantener y ordenar la terminación de circuitos virtuales, mientras que las capas superiores no necesitan conocer los detalles de la red.
- Capa 3, Capa de Red: Contiene las funciones de ruteo de paquetes a través de los ruteadores desde el origen hasta el destino.
- Capa 2, Capa de Enlace: Control de errores y sincronización entre dos entidades.
- Capa 1, Capa Física: Provee la transmisión de bits a través de un canal de comunicación que tiene especificaciones eléctricas, mecánicas y de procedimientos.[33]

Las redes inalámbricas no funcionan en toda las capas del modelo OSI, solamente funciona en la tres capas inferiores (física, enlace y red), como se muestra en el Gráfico 2-22.[33]

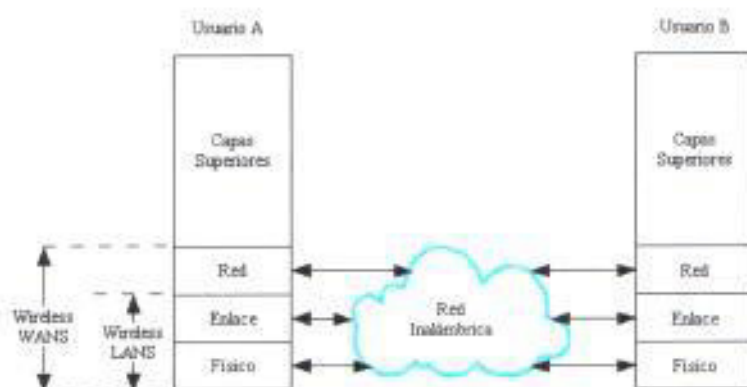


Gráfico 2-22 Red inalámbrica[62]

2.2.3. Arquitectura del protocolo 802.11

La arquitectura de la redes de computadoras está basada en el modelo OSI que sirve tanto a los desarrolladores como a las compañías que fabrican equipos de redes. Los estándares que se han llegado también existen en las redes inalámbricas, principalmente en dos capas (Ver Gráfico 2-23): la capa física y la capa MAC (*Medium access control*).



Gráfico 2-23 Estándares dentro de la dos capas inferiores en el modelo OSI[63]

2.2.3.1. Capa Física

La capa física contiene tres componentes en cada estación:

- *Administración de la capa física:* funciona junto con la capa de administración MAC y funciones de rendimiento en la capa física.
- *Physical Layer Convergence Procedure (PLCD):* Añade al frame información para los receptores y transmisores.
- *Physical médium dependent (PMD):* Mediante la dirección de la capa anterior, esta capa provee la transmisión y recepción entre dos estaciones por el medio inalámbrico. Además, provee la modulación y demodulación de los frames transmitidos.[34]

La función más importante de la capa física es la modulación de la señal inalámbrica en el aire. De esto depende la tasa de transferencia, la potencia necesaria para la transmisión, alcance de la señal y tolerancia a la interferencia. En la actualidad existen dos formas de modulación en la señal de radio: *Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS)* y *Direct Sequence Spread Spectrum (DHSS)*. La elección entre una y otra tecnología depende principalmente de los requerimientos de diseño.

La modulación FHSS posee características bien definidas:

- Menor rango de alcance que DSSS.
- Menor potencia para transferencia de datos desde una estación.
- Alta capacidad de agregación usando múltiples capas físicas.[35]

La manera como transmiten los frames en la modulación FHSS se basa en saltos de canales a otros canales. Estos saltos son acordados como una forma de secuencia de saltos aleatorios que son uniformemente distribuidos a

través de la banda de frecuencia usada. Después de la secuencia de saltos se define en el *punto de acceso* (AP), las estaciones se sincronizan automáticamente hacia la secuencia de salto correcto. El protocolo 802.11 define un conjunto particular de secuencias de saltos. En Norte América son 78 secuencias y en la mayor parte de Europa, y 12 secuencias en Japón. Las secuencias son para evitar la interferencia y permite colocar varios dispositivos para aumentar el rendimiento.[35]

Las características de la modulación DSSS son las siguientes:

- Alto potencial para transferencia de datos.
- Baja capacidad de agregación usando varias capas físicas.
- Mayor rango de alcance que FHSS.
- Menor número de celdas limitado por el número de canales.[36]

La manera de transmitir datos en la modulación DSSS es un conjunto de pasos. Primero para transmitir, los datos binarios de la capa física se transforman en conjuntos de

señales de radio. Para mejorar el rendimiento se multiplexa la frecuencia de radio mediante una señal digital de pseudo-ruido (*Pseudo-Noise, PN*). El resultado de la señal aparece como ruido y colocada en el dominio de la frecuencia. La gran banda de transmisión de la señal de secuencia directa permite a la potencia de la señal sobrepasar cualquier interferencia sin perder información. En el estándar 802.11 se especifica que puede operar hasta 14 canales de diferentes frecuencias.[36]

2.2.3.2. Capa MAC

Cada estación y punto de acceso implementa el servicio de la capa MAC, la cual provee la capacidad de intercambiar las direcciones MAC de las estaciones con el servicio MAC de los puntos de acceso. Además, los servicios de la capa MAC limitan la transmisión de datos compartiendo las ondas de radio. Las operaciones primarias de la capa MAC son las siguientes:

- Acceso al medio inalámbrico
- Ingreso a la red

- Proveer autenticación y privacidad[37]

Acceso al medio inalámbrico

Antes de transmitir un frame, primero debe ganar el acceso a la red mediante uno de los siguientes modos:

- *Carrier-Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA)*: Es un protocolo basado en la contención similar al IEEE 802.3 (Ethernet). Este protocolo tiene que escuchar la red para evitar colisiones, desemejante al CSMA/CD que se ocupa de las transmisiones de la red Ethernet cuando las colisiones se ha detectado. CSMA/CA contribuye al tráfico de la red porque, antes de que se transmita cualquier dato verdadero, tiene que difundir una señal sobre la red para esperar a escuchar panoramas de la colisión y decir otros dispositivos no difundir. Las especificaciones del 802.11 se refieren como la función de distribución de coordinación (*Distributed Coordination Function, DCF*).[38]

- *Acceso basado en prioridad:* Es un protocolo basado en el acceso libre sobre una infraestructura de configuración de redes que contiene un controlador llamado coordinador de punto que esta dentro del punto de acceso. Las especificaciones del 802.11 se refieren como la función de coordinación de punto (*Point Coordination Function, PCF*).[38]

Ingreso a la red

Después de encender una estación se necesita primero determinar si otra estación o punto de acceso esta presente al ingresar a la red antes de autenticarse y asociarse con una aplicación. La estación cumple con la fase de descubrimiento, mediante la búsqueda activa o pasiva. Después de ingresar con el conjunto de servicios de red básico (*Basic Service Set, BSS*) o extendido (*Extended Service Set, ESS*), la estación acepta el identificador (*Service Set Identifier, SSID*), la sincronización (*Timing Synchronization Function, TSF*), el tiempo actual del reloj y los parámetros de la capa física

procedentes del punto de acceso. La red básica tiene o no tiene infraestructura de backbone y tiene al menos dos estaciones inalámbricas dentro de la celda; también es conocido como *ad hoc network*. La red extendida satisface a las necesidades de grandes coberturas y tiene un sistema de distribución que interconecta los puntos de acceso (*Access Point, AP*) entre sí.[39]

Con la búsqueda pasiva, las estaciones escuchan cada canal por un tiempo determinado, definido como *ChannelTime*. La estación espera por la transmisión del frame que contiene el identificador de la red que la estación quiere ingresar. Después que la estación detecta el frame, la estación negocia la conexión mediante procedimientos de autenticación y asociación.[39]

La búsqueda pasiva, involucra la transmisión de un frame de aprobación que indica el identificador de la red que la estación desea ingresar. La estación que envía el frame espera hasta tener el frame de respuesta a la aprobación que identifica la presencia de la red deseada.[39]

Algunos fabricantes proveen la opción que cada interfaz de radio o tarjeta inalámbrica pueda asociarse con un punto de acceso. Si la interfaz detecta mas de un punto de acceso elige asociarse al punto de acceso que tiene mejor señal. Esto es muy útil cuando se necesita regular el flujo de tráfico a través de un punto particular de acceso. En la mayoría de los casos, cualquier estación puede reasociarse con otro punto de acceso si no recibe frames del punto preferido de acceso.[39]

Una estación también puede enviar frames de aprobación usando broadcast del identificador, que causa que todas las redes respondan cuando son alcanzadas. Un punto de acceso responderá todos los frames de aprobación en el caso de una red basada en esta infraestructura. Con redes que tienen servicios básicos, la estación puede generar el último frame que puede responder al frame de aprobación. El frame de respuesta de aprobación indica la presencia de la red deseada y la estación puede completar la conexión mediante procesos de autenticación y asociación.[39]

Proveer Autenticación y privacidad

Debido a la naturaleza broadcast de las redes inalámbricas, los diseñadores tenían la necesidad de implementar los niveles de seguridad apropiados. El estándar 802.11 describe dos tipos de servicios de autenticación que incrementan los niveles de seguridad:

- *Autenticación de sistemas abiertos:* el servicio de autenticación por omisión que anuncia el deseo de asociarse con otra estación o punto de acceso. [40]
- *Autenticación de llave compartida:* involucra un intercambio más riguroso de frames, asegurando que la respuesta de la estación es auténtica. Para que una estación utilice la llave compartida, esta debe tener implementada el protocolo de encriptación inalámbrico (WEP). La clave reside en cada estación en modo solo escritura que es habilitada sólo por la coordinación de la capa MAC. [40]

Generalmente, los fabricantes permiten fácilmente configurar las estaciones o los puntos de acceso que operan usando encriptación abierto, clave compartida o ninguna seguridad. La operación de seguridad por omisión es encriptación abierta. Si se implementa la clave compartida, todas las estaciones deben tener la misma llave.

2.2.4. Ventajas de una red inalámbrica

El continuo crecimiento de las redes inalámbricas esta manejado por la necesidad de reducir los costos asociados con los componentes de red y el soporte a las aplicaciones móviles que ofrece eficiencia y reducción en los costos en los negocios.

a. Movilidad (Roaming)

La movilidad habilita a los usuarios moverse físicamente mientras usan algún dispositivo, como las computadoras portátiles o un recolector de datos. Además, las aplicaciones móviles requieren redes inalámbricas que dependen de datos en tiempo real, usualmente guardados en una base de datos central. [41]

b. Reducción de costos

La reducción de costos se explicará a continuación con los diferentes beneficios que significa usar una red inalámbrica.

- Instalación en lugares de difícil accesos

En algunas situaciones no es posible instalar una red cableada porque no hay manera de acceder al lugar. Pero una alternativa que se debe tomar en cuenta es la tecnología inalámbrica porque solo necesita que exista línea de vista.[41]

- Incremento en la confiabilidad

En las redes cableadas por efecto del tiempo, agua u otras causas los cables tienden a desgastarse, dando como resultado ruido en el canal de comunicación. Para eliminar el ruido en el cable, la única opción es cambiarlo. La ventaja en una red inalámbrica es obvia, no usa cables.[41]

- Reducción de tiempo de instalación

En las redes tradicionales (cables) se siguen los principios de cableado estructurado; además, en la mayoría de los casos se debe realizar trabajos en la

parte física del edificio como instalar tuberías para pasar los cables de datos. En una red inalámbrica solo se necesita determinar la cobertura de cada celda y no se necesita hacer cambios en la edificación. [41]

- Reducción de costo a largo plazo

Cuando se quiere hacer cambios en la infraestructura de la red, las redes inalámbricas tienen una marcada ventaja porque solo necesitan instalar otra celda inalámbrica o añadir un cliente inalámbrico. Pero en una red cableada no es posible hacerlo de una manera fácil porque se debe tomar en cuenta varios parámetros; como, puertos libre en el patch panel, puerto libres en los hubs y distancia del patch panel hasta el punto de red que se desea instalar.[41]

2.3. Soluciones inalámbricas en otras universidades

2.3.1. Universidad Keio en Japón

La universidad de Keio en Japón alienta a los estudiantes a utilizar la tecnología y provee la infraestructura que los habilita para hacerlo. El campus Shonan Fujisawa es el piloto sobre la "universidad digital", es la última integración de educación y tecnología. Cerca de 10.000 estudiantes que llevan sus computadoras portátiles a clases y estar conectados regularmente al CNS³ para acceder a la información, e-mail e Internet.[42]

Este ambiente avanzado en redes de computadoras, incluye un backbone ATM en la red local a 155 Mbps, asegurando las comunicaciones a altas velocidades. Pero la red de cableado local no ofrece la flexibilidad que los estudiantes necesitan. Para acceder al CNS, ellos tienen que ir a los laboratorios designados, librerías y centros de cómputo para conectarse mediante algún punto de red. Por la cantidad de estudiantes con computadoras portátiles y el limitado número de puntos de red, ellos siempre deben esperar para "conectarse al instante". [42]

Tradicionalmente, las universidades colocan a los estudiantes para intercambiar y desarrollar nuevas ideas. Esto no sucede en un solo lugar donde la inspiración aparece, puede aparecer en cualquier lugar. La universidad Keio deseaba que la

³ Campus Network System

tecnología pueda conectar fácilmente a las personas con sus ideas. La universidad seleccionó una red inalámbrica como solución para los usuarios de computadoras con la suficiente flexibilidad y movilidad que ellos necesitaban. Las antenas fueron colocadas de tal forma que los estudiantes puedan conectarse al CNS en cualquier parte del campus.[42]

La computación móvil trabaja de dos formas en el campus Shonan Fujisawa. Algunos estudiantes traen su información en sus computadoras portátiles o terminales móviles. Otros traen terminales portátiles con un pequeño browser, con el cual acceden a su computadora de escritorio. Esta tecnología se conoce como "teleporting". La ventaja es que los datos faltantes están seguros en la computadora si le sucede algo al terminal móvil. [42]

El campus inalámbrico está funcionando como un piloto para luego operar en una escala mayor. Por el momento no está habilitado para manejar varios múltiples usuarios al mismo tiempo. Durante esta fase de prueba, más de 20 terminales acceden simultáneamente a Internet sin problemas. En la segunda fase se trabajará en la optimización de los equipos.[42]

2.3.2. Carnegie Mellon

La universidad Carnegie Mellon comenzó en 1994 un proyecto ambicioso conocido como "Wireless Andrew". El proyecto constituye la infraestructura inalámbrica más grande que se haya instalado. En el campus Andrew ha sido instalado los dispositivos inalámbricos en los edificios administrativos y académicos; pero todavía no se han instalado en todos. El campus Andrew posee una infraestructura de red mediante el cableado donde provee 10 Mbps y 100 Mbps servicio de Ethernet. Al proveer el servicio inalámbrico añadió la flexibilidad al campus con conexiones a 2 Mbps. [43]

Debido a las exigencias del proyecto, tuvieron que instalar un nuevo backbone (IEEE 802.3) dentro del campus. Este backbone fue usado para conectar los equipos inalámbricos de los edificios con el resto de la red (cableado) del campus. En cada edificio el dispositivo inalámbrico esta conectado a un hub que esta ubicado en el closet maestro del edificio o en un closet remote en un piso dentro del edificio. Para asegurar la alta velocidad los hubs esta conectado mediante fibra multimodo que también esta conectado a un router Cisco. Esta estructura les

permitió operar a altas velocidades en la red inalámbrica sin tener la carga de la red cableada del campus. Otro motivo para esta estructura, fue asegurarse del funcionamiento y estabilidad del campus inalámbrico. El router Cisco conecta el backbone inalámbrico con el resto del campus mediante filtros en base a la dirección de destino, sólo deja pasar paquetes hacia y desde el backbone inalámbrico cuando lo necesite.[43]

Otro reto que tuvo el equipo del proyecto fue la instalación y ubicación de las celdas inalámbricas dentro del campus. Basados en su experiencia, se dieron cuenta que no podían instalar las celdas inalámbricas mediante cálculos debido a la variedad de ambientes disponibles en el campus. La única solución fue hacer pruebas y tener en cuenta la propagación de la onda de radio.[43]

2.3.3. Ciudad Universitaria de Hong-Kong

Desde 1.984 la ciudad universitaria de Hong-Kong (CityU) es el orgullo en la región de Asia por ser la institución educativa con el mayor avance tecnológico. La universidad tiene más de 13.500 estudiantes y más de 2.680 personas trabajando en ella. La ciudad universitaria implementó una solución de conectividad

inalámbrica con más de 140 celdas inalámbricas. Es el campus inalámbrico más grande en una institución en Hong-Kong, provee flexibilidad y conexión de datos a alta velocidad para computadoras de escritorio y portátiles.[44]

CityU es una universidad de alta tecnología y tiene la visión que los estudiantes deben adoptar la nueva tecnología tan pronto como sea posible. Cuentan con 6.000 puntos de red y 50 clases con computadoras. Todos estos sistemas tienen un rango corto. Como solución a esto, se decidió expandir y brindar a más estudiantes el acceso a Internet; y, el sistema convencional de cableado no era práctico porque la cantidad de puntos necesarios tenía un costo elevado. [44]

El proyecto generó más de 120 clases y áreas públicas en el campus, incluyendo la librería, el teatro Wei Heing, el mall, el cuarto de lectura, la terraza y las oficinas académicas. La solución inalámbrica significa para el estudiante que puede ver video bajo demanda, participar en cursos autoeducativos, atender lecturas en línea, trabajo de investigación, participar en foros y mucho mas, en cualquier tiempo y lugar dentro del campus. En la universidad donde los estudiantes trabajan y juegan en línea, la flexibilidad en

la llave del éxito. Esta solución permite a los estudiantes y al staff conectarse a la red del campus y a las aplicaciones disponibles en la intranet e Internet. Los estudiantes piden prestadas las computadoras portátiles dentro del campus, mientras los profesores no necesitan la restricción de la clase presencial para incorporar métodos avanzados de enseñanza. [44]

2.3.4. Difusión Multimedial Inalámbrico (Chile)

El objetivo de este proyecto es implementar un sistema de transmisión inalámbrico para multidifusión IP de alta velocidad (banda ancha) y de bajo costo, que permita distribuir contenido multimedial. El canal de difusión de contenidos usará tecnología multicast. Las instituciones que forman parte de este proyecto en Chile son las siguientes: el consorcio REUNA⁴ (Red Universitaria Nacional), Universidades de la Frontera⁵, Universidad Técnica Federico Santa María⁶, la Red de Informática Educativa Enlaces y Red de la Araucanía.[45]

El "Proyecto Inalámbrico" es un desarrollo tecnológico financiado con recursos de VI Concurso FDI-Corfo. Emplea

⁴ <http://www.reuna.cl>

⁵ <http://www.ufro.cl>

⁶ <http://www.utfsm.cl>

tecnología inalámbrica de bajo costo para distribuir videos digitales de alta calidad a un conjunto de colegios participantes ubicados en las regiones V de Valparaíso y IX de La Araucanía. Este proyecto persigue proporcionar un mecanismo de conexión a aquellas instituciones educacionales, que por su lejanía o por escasez de recursos tecnológicos, no pueden disponer de acceso a redes de banda ancha para intercambiar contenido de alta calidad. Para desarrollar esta iniciativa el VI Concurso FDI/Corfo adjudicó recursos por 277 millones 900 mil pesos (\$373,070.21). El monto total del proyecto, incluidos los aportes de las instituciones coejecutoras (Universidades de la Frontera, Universidad Técnica Federico Santa María), alcanza los 503 millones 838 mil 503 pesos (\$676,384.08). La red inalámbrica se implementará con el uso de tecnología de espectro disperso, bajo el estándar 802.11b en la banda de los 2.4GHz. Se desplegará la tecnología en 60 puntos repartidos en las regiones V de Valparaíso y IX de La Araucanía. Los puntos permitirán acceder a los colegios de enseñanza media que participen en la Red de Informática Educativa Enlaces.[45]

El proyecto comenzó el 22 de diciembre del 2000 y se dividió en tres etapas que son las siguientes:

- *Etapa 1: Desarrollo y Despliegue Tecnológico (desde el 22/12/2000 hasta el 15/01/02)*

Corresponde a la etapa donde se realiza el despliegue de la red, tanto en su fase de laboratorio como de piloto. Se desarrollan los softwares/aplicaciones necesarias para el funcionamiento de los servicios.[45]

- *Etapa 2: Preparación Contenido (desde el 20/07/2001 hasta el 19/03/2002)*

Corresponde a la etapa donde se adquiere y se adapta el material audiovisual que formará parte del canal de video. Además, se seleccionan las páginas web que ingresarán al servicio de Caché.[45]

- *Etapa 3: Transmisión y Evaluación (desde el 19/10/2001 hasta el 18/06/2002)*

Se realiza una evaluación del uso de las tecnologías en la educación, antes, durante y después de las transmisiones. Se realiza una capacitación en los establecimientos partes

del piloto antes del inicio de las transmisiones. El sistema comienza a transmitir contenidos.[45]

2.4. Aplicaciones de la tecnología inalámbrica dentro de la ESPOL

Dentro del campus Gustavo Galindo el ambiente, la infraestructura y la superficie que abarca, es imposible conectar todos los puntos o lugares hacia la red interna debido a los altos costos o las rutas de acceso no existen.

Por este motivo, se buscan mejores opciones a menores costos para satisfacer los requerimientos de conectividad. La tecnología inalámbrica permitiría conectar casi cualquier punto al backbone interno y a su vez estar conectados al Internet.

Pero la tecnología inalámbrica no solo serviría para conectar puntos alejados dentro de la ESPOL o satisfacer requerimientos de conectividad, también permitiría desarrollar aplicaciones inalámbricas. Las aplicaciones inalámbricas difieren de las aplicaciones que normalmente nosotros conocemos. Las aplicaciones que normalmente se desarrollan están en una computadora de escritorio o portátil; es decir, equipos con grandes espacio en disco duro, procesadores veloces, memoria que podrían llegar hasta los Gigabytes y conectados a una red

a alta velocidad. Las aplicaciones inalámbricas o móviles se desarrollan en equipos pequeños que podrían caber en la palma de la mano, estos equipos no tienen mucha capacidad de memoria ni procesador; además, dos puntos muy importantes son la velocidad a la que se pueden conectar estos equipos y la energía que consumen (normalmente son baterías).

El protocolo que permite el desarrollo de aplicaciones inalámbricas es conocido como *Wireless Application Protocol (WAP)*. La implementación es sencilla y se lo puede dividir en tres partes (Ver *Gráfico 2-24*):

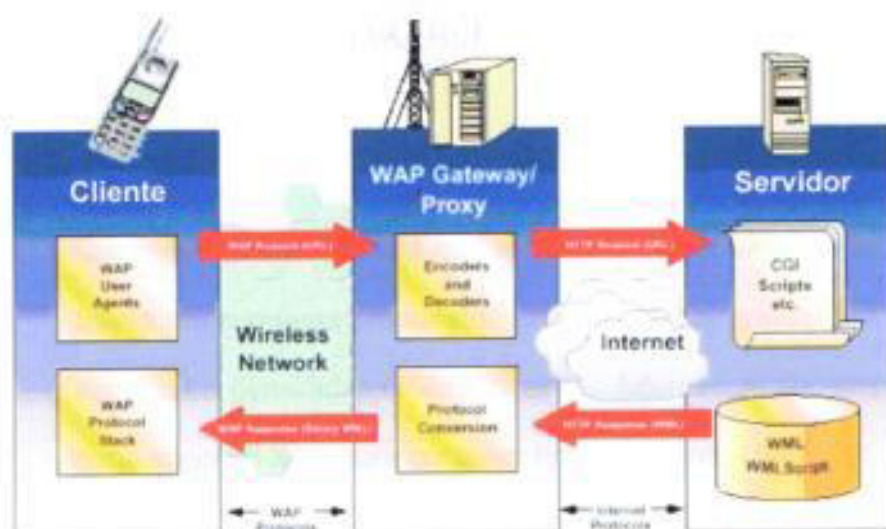


Gráfico 2-24: Implementación de una aplicación inalámbrica[64]

- WAP Browser(Cliente)

El WAP browser es similar al browser que conocemos, como son el Internet Explorer o el Netscape Communicator, en su funcionamiento pero se diferencia en el lenguaje que reciben. Los browser reciben peticiones mediante HTTP y todo lo que con ese lenguaje conlleva como Javascript o VBscript. Los WAP browser reciben peticiones mediante *Wireless Markup Language(WML)* y *WML Script* contenidos en un específico URL.[46]

- WAP Gateway

Es responsable de la interfase de la red inalámbrica a la red cableada Internet.[46]

- Servidor

Contiene los documentos que el WAP browser va acceder través del esquema propuesto. Los contenidos pueden ser estáticos o generados dinámicamente. Además, el servidor debe soportar XML para contener los documentos.[46]

Desde el punto de vista lógico, las aplicaciones inalámbricas difieren de su similar para conectarse a Internet en la pila de protocolos. Las características TCP son apropiadas para una conexión con cable pero es una debilidad para una conexión inalámbrica. La integración de datos y la transmisión por ventana o slots hace que TCP sea como un hablador y esto en el mundo inalámbrico no es deseado. El *Gráfico 2-25* muestra la arquitectura WAP con relación a la arquitectura de Internet.[47]

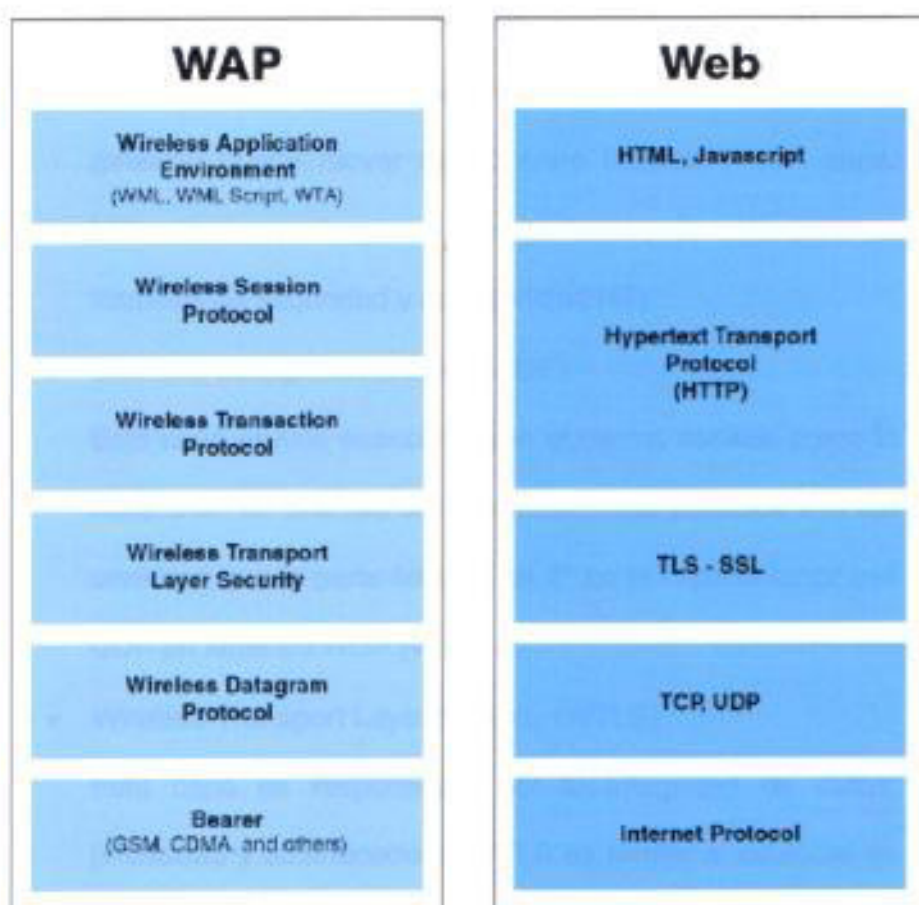


Gráfico 2-25 Comparación de la arquitectura inalámbrica con Internet[65]

- Bearer Network

Los dispositivos inalámbricos existen basados en una infraestructura con variedad de direcciones IP y las que no. La principal función de esta capa es conectar

individualmente los dispositivos inalámbricos con el WAP gateway. Para el mejor resultado de este servicio, el WAP gateway puede mover tráfico entre Internet y esta capa. Las capas superiores no esperan mucho de esta capa en términos de seguridad y confiabilidad.[47]

- Wireless Datagram Protocol (WDP)

Esta capa provee esencialmente el mismo servicio como lo hace UDP en una red basada en IP. Los servicios son tan similares que la parte basada en IP en la capa anterior usa UDP en lugar de WDP.[47]

- Wireless Transport Layer Security (WTLS)

Esta capa es responsable por la integridad de datos, privacidad y autenticación. WTLS es similar al estándar de seguridad *Transport Layer Security (TLS)*, esta optimizada para el mejor uso del ancho de banda.[47]

- Wireless Transport Protocol (WTP)

Esta capa provee un protocolo liviano de transporte orientado a transacciones. Esta capa ofrece tres clases de comunicación: mensajes informales de una sola vía,

mensajes formales de una sola vía y transacciones formales bi-direccionales.[47]

- Wireless Session Protocol (WSP)

Esta capa provee a las capas superiores dos tipos de servicios: servicio orientado a conexión y servicio de datagrama. Actualmente, esta capa consiste en servicios que particularmente están en el conjunto de comunicación con un servidor HTTP: *WSP for Browsers (WSP/B)*. Esta siendo optimizado para uso en redes inalámbricas, el *WSP/B* contiene funciones para suspender y resumir las conexiones.[47]

- Wireless Application Environment(WAE)

Esta capa es de gran interés para los desarrolladores de aplicaciones inalámbricas. Aquí se encuentra las aplicaciones que usan WSP para comunicarse con servidores HTTP que están en internet. También encontramos aplicaciones para cada tipo de cliente WAP como son los teléfonos celulares, pagers, etc. Obviamente, también se incluye el WAP browser.[47]

Las aplicaciones inalámbricas pueden desarrollarse en distintas plataformas, a continuación se nombran tres:

- Windows CE

Este sistema operativo multi-tareas y multi-hilos diseñado por Microsoft, está embebido o incluido en dispositivos móviles y otros dispositivos pequeños.[48]

- JavaPhone

Sun Microsystems desarrolló las librerías Personal Java y JavaPhone, donde la máquina virtual de java está embebida en el *handset*. Esto nos permite construir teléfonos celulares que podrían bajarse desde el Internet nuevas características y funciones; es decir, los usuarios ya no necesitan comprarse un nuevo teléfono celular para obtener las nuevas características.[48]

- SIM toolkit

El uso de tarjetas inteligentes en dispositivos inalámbricos es usado ampliamente y también es usado en ciertos sectores de servicios.[48]

Las ventajas que puede ofrecer un ambiente sobre otro son los siguientes:

- Estándar abierto y vendedor independiente
- Estándares de red independientes
- Mecanismo de transporte optimizado para redes inalámbricas
- Aplicaciones grabadas desde un servidor, servicio rápido de creación e introducción como oposición al software embebido[48]

2.5. Situación actual del Ecuador

En los últimos años han ingresado al Ecuador varias empresas de telecomunicaciones. Estas empresas se caracterizan por realizar enlaces satelitales, enlaces de radio y telefonía celular (CDPD).

Las empresas que permiten realizar enlaces satelitales se usan principalmente para tener aplicaciones con gran ancho de banda. Por ejemplo, el enlace de Internet que provee a la ESPOL es un enlace satelital, que permite tener un ancho de banda a 2 Mbps. Otro ejemplo de enlace satelital lo realiza la empresa GLOBATEL, ellos tienen un conjunto de aulas situadas en distintas partes dentro del país conectadas mediante un enlace satelital de 128 Kbps. Esto les permite interactuar en tiempo real con los asistentes que están en distintas aulas. La principal

desventaja de enlace satelital son los altos costos mensuales y la alta inversión inicial al instalar los equipos que se debería hacer dentro del país.

Las empresas que permiten realizar enlaces de radio se usan principalmente como alternativa a conexiones entre sucursales y enlace de Internet. Actualmente, existen varias compañías o ISP que ya pueden implementar enlaces inalámbricos de radio. Hay que tomar en cuenta que el CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (CONATEL) emitió la siguiente resolución "NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE ESPECTRO ENSANCHADO". La resolución provee el marco legal para la implementación de estos tipos de enlace, incluye las características técnicas de los equipos, la frecuencia de operación permitida, topologías permitidas, potencia de salida. En la siguiente dirección <http://www.conatel.gov.ec/Rspread.htm> se puede obtener mayor información sobre la ley que rige en el Ecuador.

Las dos empresas de telefonía celular (CDPD) que existen en el país son PORTA y BELLSOUTH. Estas compañías han evolucionado desde que ingresaron al mercado, al principio sólo daban el servicio de telefonía celular. Pero en los últimos años, han agregado más servicios como son el Internet móvil y el servicio de mensajería, esto se debió a la

introducción de nueva tecnología y la actualización de sus equipos. Esto nos permite realizar o diseñar aplicaciones inalámbricas sin preocuparnos del enlace porque estas empresas dan el servicio de conectividad basándose en la red CDPD que tienen ya implementada.

En conclusión, la tecnología inalámbrica dentro del Ecuador ha ingresado con bastante fuerza pero todavía no se ha explotado todo su potencial. Por el momento, solo se la usa como elemento de conectividad para redes pero esto cambiará con el tiempo. Quienes impulsarán este cambio serán las empresas que se especialicen en el desarrollo de aplicaciones inalámbricas y las compañías que proveen el enlace ya sea mediante CDPD o Spread Spectrum.

CAPITULO 3

3. DISEÑO

3.1. Descripción de la metodología para el diseño

3.1.1. Definir los elementos de la red

La definición de elementos de la red incluye la decisión de tecnología, estándares y productos que se van a utilizar para satisfacer los requerimientos de conectividad. Por ejemplo, se puede decidir si se usa una red Ethernet para proveer conectividad entre dos puntos de acceso. [71] En la mayoría de los casos en este paso se pueden elegir entre los siguientes productos inalámbricos:

- Dispositivos de punto de acceso (*Access Point*)

- Wireless Bridges
- Wireless Workgroup Bridges

Dispositivo de punto de acceso (Access Point)

El "Access Point" o "AP" es el segundo dispositivo mas común en una red inalámbrica (el primero es la tarjeta inalámbrica). El "Access Point" es un dispositivo half-duplex con inteligencia equivalente a un switch Ethernet. (ver Gráfico 3-1) [72]

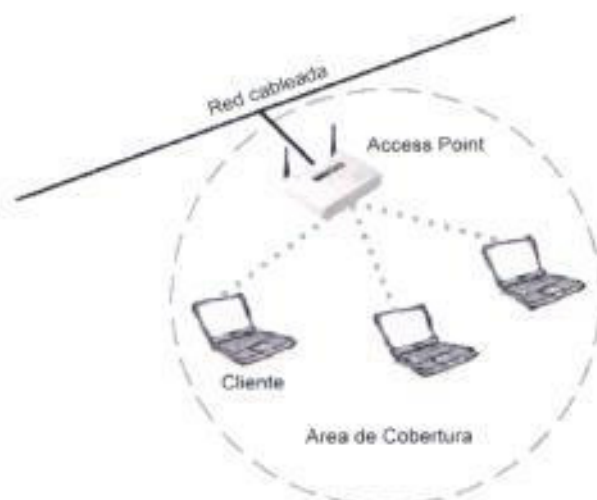


Gráfico 3-1 Dispositivo de punto de acceso (Access Point)
[83]

- Opciones comunes de un "AP"

Un "AP" es considerado como un portal porque permite la conectividad de los clientes entre una red

inalámbrica y una red cableada (Ethernet o Token Ring). Los "AP" tienen muchas opciones de hardware y software. [72] Las opciones más comunes son las siguientes

- *Antenas fijas o desmontables:* De acuerdo a los requerimientos del sistema, nosotros podemos elegir entre un "AP" con antena fija o desmontable. Un "AP" con antena desmontable permite conectarle cualquier tipo de antena usando la cantidad de cable requerida.[72]
- *Funciones avanzadas de filtración:* La función de filtro en función a los protocolos de red o direcciones MAC debería incluirse en un "AP". La función de filtro se usa típicamente como una medida de seguridad en las redes inalámbricas.[72]
- *Diseño modular o removible de las tarjetas de radio:* Algunos fabricantes de equipos inalámbricos permiten añadir o remover las

tarjetas de radios o tarjetas inalámbricas de las ranuras PCMCIA de los "AP". Este diseño permite tener independencia de las funciones en cada ranura PCMCIA; por ejemplo, una tarjeta inalámbrica puede funcionar como un "AP" y la otra como un *bridge*. Otra opción sería usar cada tarjeta como un "AP" en el mismo espacio físico permitiendo mayor cantidad de usuarios a menor costo.[72]

- *Potencia variable de la señal de radio:* El control manual de la potencia de la señal de radio permite al administrador configurar la potencia (mW) que usa el "AP" cuando transmite información. Esta opción es importante en ciertas situaciones donde los nodos distantes no pueden localizar al "AP" porque este problema se resuelve aumentando la potencia de la señal de radio. También se lo puede usar como medida de seguridad permitiendo fijar el tamaño ideal de

la celda inalámbrica para que intrusos fuera del edificio no puedan conectarse.[72]

- o *Distintos tipos de interfaz para la red cableada:* Las opciones de conectividad en la mayoría de los casos son: 10baseTx, 10/100baseTx, 100baseTx, 100baseFx, Token Ring, y otras. El "AP" es el típico dispositivo que usan los clientes inalámbricos para comunicarse con la red cableada. Por ese motivo elegir la interfaz más adecuada es importante para evitar que el "AP" sea un cuello de botella[72]

- Configuración y administración de un "AP"

Los métodos usados para configurar y administrar un "AP" pueden variar con cada fabricante. La mayoría de los productos en el mercado ofrecen al menos una consola, telnet, USB o un web server interno para los browser como Internet Explorer o Konqueror; y otros "AP" tienen su propio software de configuración y administración.[72]

Las características que pueden encontrarse en los "AP" varían de acuerdo al fabricante y al mercado que está orientado. Una regla que no varía es: "mientras más características tenga el AP, el valor aumentará". Por ejemplo, algunos equipos SOHO (Small Office Home Office) tienen ciertas características como WEP (Wireless Equivalent Privacy), filtros de direcciones MAC y su servidor web interno para configuración. Si al ejemplo anterior le añadimos más características como tabla de asociación, soporte de 802.1x/EAP, soporte de VPN, funciones de ruteo y soporte para RADIUS, el "AP" aumentará su valor económico y cambiará su característica de SOHO a Enterprise.[72]

A continuación se muestra una lista con las características de los "AP" de la categoría SOHO y de la categoría Enterprise.

SOHO

- Filtros en función de la dirección MAC.

- Encriptación usando WEP (64 o 128 bits).
- Configuración mediante USB o consola.
- Funciones básicas de configuración usando un web server interno.
- Software con funciones básicas de configuración.

ENTERPRISE

- Software con funciones avanzadas de configuración.
- Funciones avanzadas de configuración usando un "web server" interno.
- Acceso mediante Telnet.
- Monitoreo mediante SNMP (*Simple Network Managment Protocol*).
- Soporte de servidor RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*).
- Servidor y cliente de VPN (*Virtual Private Network*).
- Ruteo estático y dinámico.
- Funciones de repetidora.

- Funciones de *bridging*.

Wireless Bridges

El "Wireless Bridge" es un dispositivo que provee conexión entre dos segmentos de una LAN con cable y usada en configuraciones punto a punto o multipunto. Este dispositivo es half-duplex y permite conexión a través de la capa de enlace. (ver Gráfico 3-2) [73]

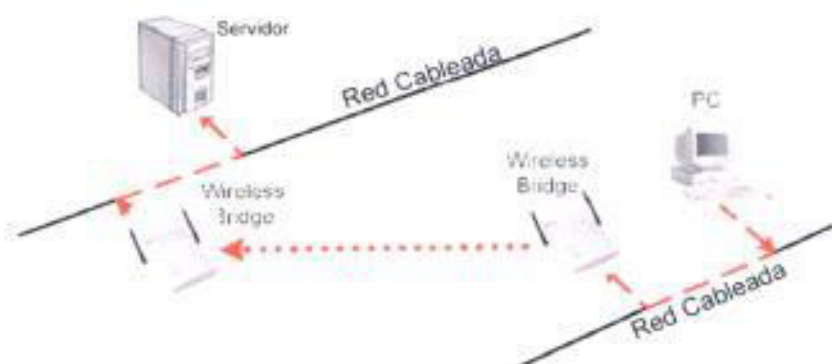


Gráfico 3-2 Configuración punto a punto usando el bridge inalámbrico [84]

- Opciones comunes de un "Wireless Bridge"

Las opciones de hardware y software de un "wireless bridge" son similares al "AP" y muchas opciones tienen el mismo propósito. Las opciones mas comunes son las siguientes:

- *Antenas fijas o desmontables:* Los "wireless bridges" pueden tener antenas fijas o desmontables. Esto es usualmente útil cuando se requiere instalar el "wireless bridge" dentro del edificio y la antena instalarla en el techo usando la cantidad necesaria de cable.[73]
- *Funciones avanzadas de filtración:* Los "wireless bridges" pueden tener filtros en función de protocolos de red y/o direcciones MAC. Los administradores de red usan el filtro en función de la dirección MAC como un primer nivel de seguridad. El filtro en función de protocolos se usa para permitir o rechazar ciertos paquetes o datagramas provenientes de las capas 3-7.[73]

- *Diseño modular o removible de las tarjetas de radio:* Algunos fabricantes de equipos inalámbricos permiten añadir o remover las tarjetas de radios o tarjetas inalámbricas de las ranuras PCMCIA de los "Wireless Bridges". Este diseño permite tener independencia de las funciones en cada ranura PCMCIA; por ejemplo, una tarjeta inalámbrica puede funcionar como un "AP" y la otra como un *bridge*. [73]
- *Potencia variable de la señal de radio:* Esta opción permite a los administradores de red controlar la energía de la señal que usan para transmitir datos. [73]
- *Distintos tipos de interfaz para la red cableada:* Las opciones de conectividad en la mayoría de los casos son: 10baseTx, 10/100baseTx, 100baseTx, 100baseFx.[73]

- Configuración y administración de un "Wireless Bridge"

Los "wireless bridges" tienen las mismas interfaces de configuración como los "AP": consola, telnet, HTTP, SNMP

o software propietario para la configuración. Muchos "wireless bridges" soportan *Power over Ethernet (PoE)* que permite a los dispositivos recibir la energía eléctrica a través del cable de red.[73]

Wireless Workgroup Bridges

El "wireless workgroup bridge" es un dispositivo que puede añadir múltiples clientes de una red cableada como un cliente inalámbrico. Este dispositivo es útil en ambientes con aulas móviles, oficinas móviles, etc. (ver Gráfico 3-3) [74]

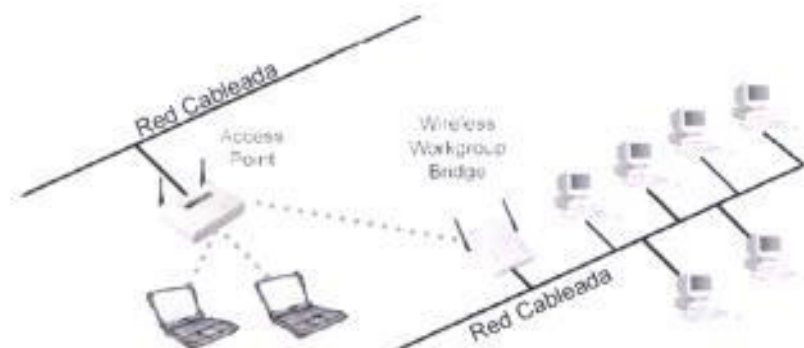


Gráfico 3-3 Workgroup Bridge [85]

- Opciones comunes de un "Wireless Workgroup Bridge"

El "wireless workgroup Bridge" es un tipo de "wireless bridge" y muchas de sus opciones son idénticas como filtros en función de la dirección MAC y/o protocolos de red,

antenas fijas o desmontables, Configuración manual de la potencia de la señal de radio y tipos de interfaces para la red cableada. Existe un número máximo de estaciones que permite el "wireless workgroup bridge" en el segmento cableado. El rango de este número es entre 8 y 128 dependiendo del fabricante.[74]

- Configuración y administración de un "Wireless Workgroup Bridge"

Los métodos usados para acceder, configurar y administrar un "wireless workgroup bridge" es similar al "wireless bridge" como: consola, telnet, HTTP, SNMP y software propietario de administración.[74]

El proceso general para definir los elementos de la red es:

- Identificar los requerimientos del usuario o sistema
- Identificar donde se aplican los elementos de red.
- Determinar que elementos de red son los mejores que cumplan con los requerimientos del usuario o sistema.[71]

Es decir, identificar que parte de la arquitectura de la red se necesita enfocar para encontrar una solución; y, determinar que tecnología, estándar y si es necesario, los productos para cada elemento.

3.1.2. Selección de los productos

Después de la selección de la tecnología que cumplirá los requerimientos, se debe identificar los productos apropiados. En la mayoría de los casos, la selección de los productos se realiza en la etapa anterior.

En general, la selección de productos se basa en los siguientes criterios:

- Capacidad de proveer el grado de funcionalidad necesario
- Disponibilidad del producto
- Nivel de soporte del vendedor después de la compra
- Precio[75]

También, estos criterios son importantes cuando se seleccionan productos inalámbricos:

- Para redes inalámbricas, deben cumplir con el estándar IEEE 802.11. También debe cumplir con los estándares de

dispositivos de redes como es Ethernet, SNMP, VLAN, Spanning Tree, etc.

- Disponibilidad de herramientas que asisten a la instalación como herramientas de monitoreo de señal, medición de la fuerza de la señal en función a la distancia, etc.
- Encriptación para alta seguridad
- Administración de la energía cuando los dispositivos funcionan con modo de batería.
- Interfaz disponibles para la computadora u otro dispositivo (ISA, PCMCIA, USB)
- Capacidad de interoperar con los sistemas operativos.[75]

3.1.3. Identificar la ubicación de los puntos de acceso

Parte del diseño es identificar los lugares donde los puntos de acceso proveen la conexión a los recursos que están en la parte cableada de la red, y adecuar la cobertura de la señal para que los usuarios móviles puedan trasladarse entre las distintas celdas.[76]

Es más fácil diseñar o extender una red inalámbrica en un área completamente abierta, libre de obstáculos como paredes, escritorios, ventanas. Esto permite a las señales de radio de los dispositivos inalámbricos mantener una radiación omnidireccional, haciendo simple la predicción del rango de operación máximo y la localización de los puntos de acceso. La presencia de barreras facilita la atenuación de las señales de radio que distorsionan el patrón de propagación de radio, haciendo más difícil sino imposible predecir el rango máximo.[76]

La refracción de la señal de radio a través del piso u otra barrera, depende del tipo de material presente. Por ejemplo, el rango es mayor si pasa a través de plywood, intermedio si pasa a través de concreto y menor si pasa a través de metal. La *tabla 3-1* muestra los diversos grados de atenuación de acuerdo al material.[76]

Material	Grado de atenuación	Ejemplo
Madera	Bajo	Particiones de oficina
Yeso	Bajo	Paredes internas
Material sintético	Bajo	Particiones de oficina

Asbesto	Bajo	Techos
Vidrio	Bajo	Ventanas
Agua	Medio	Acuarios, pantanos
Ladrillo	Medio	Paredes internas y externas
Mármol	Medio	Paredes internas
Concreto	Alto	Pisos y paredes externas
Vidrio antibalas	Alto	Carros blindados
Metal	Muy alto	Escritorios, concreto reforzado

Tabla 3-1: Relativa atenuación por distintos materiales [95]

El mejor método para identificar la ubicación de los puntos de acceso es llevar un registro de la variación de la señal. Por este motivo necesita:

- Los planos del lugar.
- Al menos un dispositivo de punto de acceso (*access point*) del vendedor seleccionado.
- Un dispositivo que se vaya a usar con el sistema.[76]

3.1.4. Verificando el diseño

La verificación del diseño asegura que la solución que se eligió es la correcta para cumplir con los requerimientos. La verificación del rango de los puntos de acceso en la fase anterior, es una forma de verificación de la porción inalámbrica de la arquitectura de red: capa física y capa de enlace. Pero, también se necesita verificar los elementos de las capas superiores, como sus aplicaciones y protocolos de comunicaciones. Esto evita comprar elementos inapropiados y tiempo perdido por errores de último minuto antes que el sistema funcione.[77]

Los siguientes son métodos que se pueden utilizar para verificar el diseño:

- Prototipo físico

Un prototipo físico es la construcción y la prueba de una parte del sistema que se desea verificar. Consiste del hardware y software actual que eventualmente se va instalar. En muchos casos, es la parte inicial de la implementación, como el sistema piloto. [77]

- Simulación

Simulación es el uso de software/hardware que representa artificialmente equipos de redes, software, flujo de tráfico y utilización de la red. Se puede ejecutar la simulación y verificar los resultados rápidamente porque una simulación de minutos puede representar días de actividad de una red. [77]

- **Revisión del diseño**

Cuando se tiene la simulación y el prototipo físico o no, se puede predecir la conducta con una revisión del diseño como un proceso final de verificación. Esta revisión asegura que no existen defectos de diseño o resultados imprevistos. [77]

3.1.5. Documentación del diseño final

Igual que los requerimientos, se necesita documentar con detalle el diseño para soportar las actividades que implica la implementación, como son los componentes, instalación, etc.[78]

La documentación del diseño final debe incluir lo siguiente:

- Una descripción de cada elemento
- La localización de los puntos de acceso

- Estándares
- Los productos necesarios para satisfacer los requerimientos específicos.

3.2. Diseño del sistema piloto

3.2.1. Objetivo

En el campus Gustavo Galindo existen dos problemas que afectan a la comunidad politécnica. El primer problema es la cantidad de laboratorios que no son suficientes para los estudiantes y el segundo problema es la falta de interconexión de algunos edificios al backbone interno. Una alternativa para resolver estos problemas es usar tecnología de radio por las ventajas descritas en el capítulo 2. Por ese motivo y cumpliendo la metodología descrita anteriormente, se verificará el uso de esta tecnología mediante un prototipo que está ubicado en el área de tecnologías en el campus Gustavo Galindo.

La cantidad de laboratorios de computación no satisfacen a todos los estudiantes de la ESPOL es el primer problema. Los estudiantes pueden usar las computadoras durante una hora y

antes de usarla tienen que esperar hasta que una computadora este libre. Una solución a este problema es convertir el campus Gustavo Galindo en un "*LABORATORIO GIGANTE*" permitiendo a los estudiantes estar conectados en cualquier lugar.

El segundo problema es la falta de conexión de algunos edificios al backbone interno del campus. Las principales razones porque no hay conexión son dos: 1) no existe una ruta física para usar cable UTP o fibra óptica; y, 2) el costo de instalación es elevado. Una solución para la interconexión de edificios es la tecnología 802.11 porque solo necesita tener línea de vista y el costo del enlace es bajo.

El diseño del prototipo se documentara desde el punto de vista físico y lógico. El punto de vista física describirá los obstáculos e interferencia que puedan degradar la señal. El punto de vista lógico describirá los protocolos y servicios existentes en la red.

3.2.2. Esquema lógico del prototipo

El sistema es diseñado en el interior y exterior del edificio 37 en el área de tecnología. El alcance del sistema es demostrar

la factibilidad y funcionalidad que tiene dentro de un ambiente de red ya establecido.

El esquema general del sistema está compuesto por dos ambientes definidos que son la conexión de los edificios 36 y 37 en el área de Tecnología, mediante un enlace punto a punto y la creación de celdas inalámbricas. El enlace punto a punto entre los edificios tendrá los siguientes componentes en el edificio 36: una antena omnidireccional y el *"wireless bridge"* que permite negociar la señal de la antena con la interfaz Ethernet que está conectado a un puerto del switch 3Com Corebuilder 3500 ya existente; los componente en el edificio 37 son: una antena direccional dirigida hacia el edificio 36 y el *"wireless bridge"* que enlazará las red interna del edicio 37 con la señal de la antena. Las celdas inalámbricas estarán formadas por los *AP* (access point) que cubrirán el interior y el exterior del edificio 37 y el exterior del edificio 36. (ver Gráfico 3-4)

Esquema General del Prototipo Inalámbrico

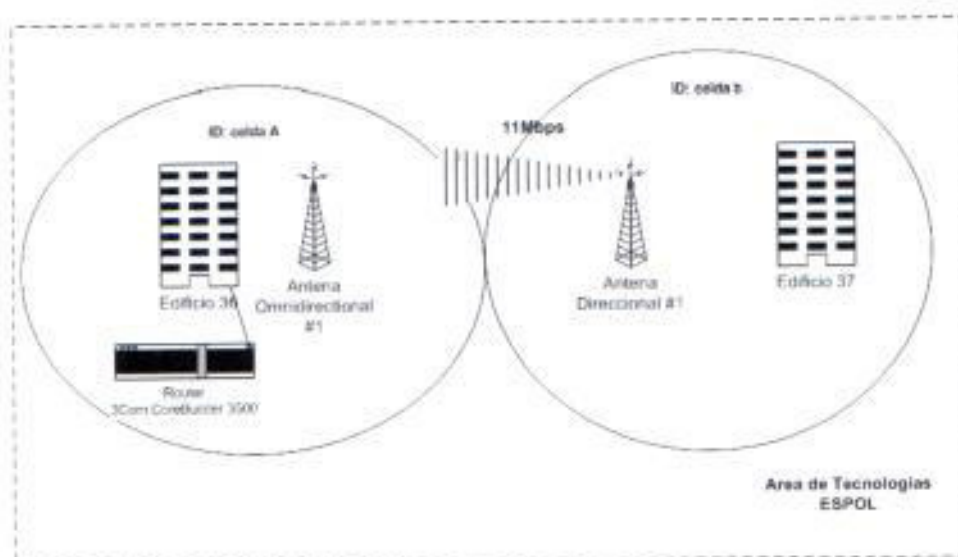


Gráfico 3-4 Esquema General del prototipo

Esquema del sistema de la red Inalámbrica

- Descripción física del ambiente

El ambiente donde está el prototipo está compuesto por los siguientes materiales: concreto, vidrio y madera en el interior del edificio 37; y, árboles y arbustos en el exterior del edificio como principales fuentes de obstrucción de la señal (ver Gráfico3-5). No existe equipos que funcionen en

la frecuencia 2.4 Ghz que puedan causar interferencia en la señal.



Gráfico 3-5 Ambientes dentro del edificio 37

- Descripción de la configuración lógica del prototipo

El sistema cubre las siguientes regiones dentro del edificio 37: Centro de Tecnologías de Investigación (C.T.I.), Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM), Centro de Investigación Científica y Tecnológica

(CICYT) y Centro de Investigaciones y Servicios Educativos (CISE); además, cubre la región exterior entre los edificios 36 y 37.

El esquema propuesto permitirá extender la red interna dentro del edificio, permitiendo crear un ambiente para la computación móvil sin necesidad de cambiar la infraestructura interna.

Los componentes del prototipo están compuestos por 3 Puntos de Acceso (*Access Point*) y por computadores portátiles o computadoras de escritorio (*ver Gráfico 3-6*).

Los Access Point están comunicados entre si por medio de la red interna ya existente dentro y fuera del edificio. La red interna esta formada por 4 hubs: 2 hubs 3Com 10/100 Dual Baseline, 1 hub 3Com 10/100 Baseline y 1 hub 3Com 10Mbps.

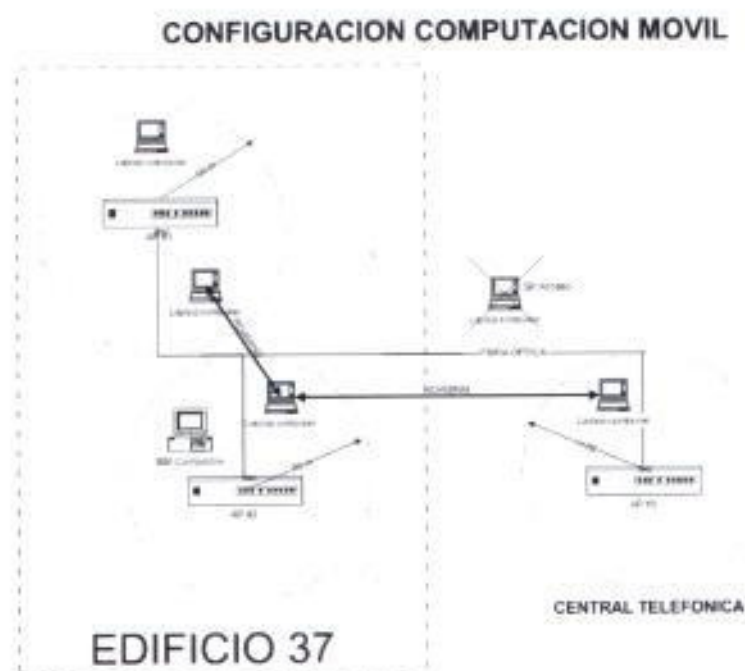


Gráfico 3-6 Esquema lógico de la red inalámbrica

- Características técnicas del prototipo

Las características técnicas del prototipo estarán basadas en las opciones de hardware y software que tienen los *AP* que fueron explicados en la sección 3.1.1. La siguiente información será útil en el momento de seleccionar el producto porque ya existiría un mínimo de requerimientos que se debería cumplir. De acuerdo a eso, las características técnicas son las siguientes:

- Configuración de las direcciones IP estáticas y dinámicas de los clientes.
- *Roaming*⁷ automático de los clientes móviles entre celdas. (ver Gráfico 3-6)
- Monitoreo de los equipos mediante SNMP.
- Filtros de protocolo a nivel de capa MAC.
- Encriptación de datos transmitidos inalámbricamente usando WEP (*Wired Equivalence Privacy*)
- Control de acceso a la red inalámbrica mediante un servidor RADIUS

Esquema del sistema del Enlace punto a punto

- Descripción física del ambiente

El sistema está ubicado en el área de tecnologías dentro del campus Gustavo Galindo y comunicar los edificios 36 y 37 mediante tecnología inalámbrica (ver Gráfico 3-7 y 3-8).

La distancia entre los edificios es aproximadamente 400 metros y no existe ningún obstáculo entre ellos; es decir, existe línea de vista.

⁷ Es el movimiento de un cliente que esta dentro de una celda y se dirige hacia otra sin perder conectividad



Gráfico 3-7 Edificio 37 en el área de tecnologías



Gráfico 3-8 Edificio 36 en el área de Tecnología

- Descripción de la configuración lógica del prototipo

El sistema de enlace inalámbrico multipunto está formado por un nodo central y un nodo remoto. El nodo central tiene el rol de recibir todas las señales provenientes de todos los nodos remotos y retransmitir esa señal a una de sus interfases, ya sea a otro nodo remoto o a su interfaz Ethernet. El nodo remoto tiene el rol de enviar y recibir las señales del nodo central; es decir, si se quiere comunicar a otro nodo remoto, el nodo central funcionará como intermediario. (ver Gráfico 3-9)

El nodo central está ubicado en el edificio 36 y el nodo remoto está ubicado en el edificio 37. El nodo central tiene una antena omnidireccional, esta antena enfoca o dirige toda la energía de la señal en forma radial. El nodo remoto tiene una antena direccional, la antena dirige toda la señal en una dirección. Por este motivo, se debe tener cuidado al instalar los dispositivos central y remoto porque una calibración o ubicación equivocada afecta directamente la capacidad del enlace.

El nodo remoto enlaza a la red interna del edificio 37 que esta compuesta por 55 computadoras que están

conectadas entre ellas por medio de 4 hubs. El nodo central enlaza el nodo remoto con el backbone interno de la ESPOL mediante el switch de capa 3 ubicada en la central telefónica del área de tecnologías.

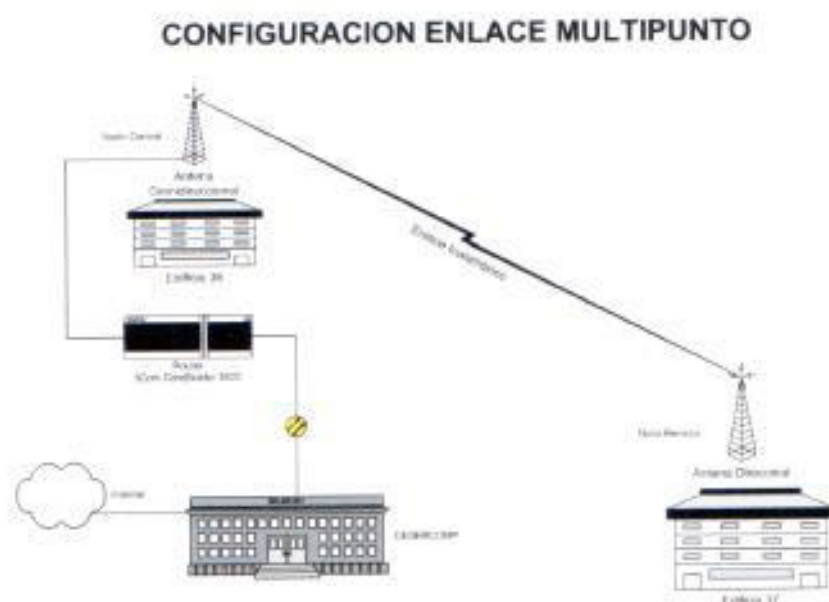


Gráfico 3-9 Esquema lógica del enlace multipunto

- Características técnicas del sistema

Las características técnicas del prototipo estarán basadas en las opciones de hardware y software que tienen los "wireless Bridges" que fueron explicados en la sección

3.1.1. La siguiente información será útil en el momento de seleccionar el producto porque ya existiría un mínimo de requerimientos que se debería cumplir. De acuerdo a eso, las características técnicas son las siguientes:

- El enlace inalámbrico entre el edificio 36 y el edificio 37 debe ser 11 Mbps
- Los “*wireless Bridge*” permiten trabajar en la capa de enlace.
- Monitoreo a través de SMNP.
- Filtros en función de direcciones MAC

3.3. Estudio de los equipos disponibles en el mercado

En el mercado existen varias compañías que ofrecen sus productos o equipos de redes inalámbricos para soluciones externas como internas. La lista de productos se dividirá en dos grupos. El primer grupo contendrá los equipos que cumplan con la característica de las redes inalámbricas; es decir, las celdas inalámbricas y permiten el *roaming* entre ellas. El segundo grupo contendrá los equipos que cumplan con la característica de permitir enlaces inalámbricos

multipunto o punto a punto. Los equipos se evaluarán de acuerdo a sus características técnicas descritas en la sección 3.1.2 que se resumen en los siguientes aspectos:

- *Instalación:* La facilidad con que el punto de acceso y el cliente inalámbrico es instalado y los diversos sistemas operativos que lo soportan.
- *Configuración:* La facilidad de configuración del punto de acceso y el cliente inalámbrico, y la calidad de las herramientas para configurarlo
- *Administración:* Facilidad de las herramientas de administración y la calidad de los reportes acerca del punto de acceso y los clientes.
- *Escalabilidad:* El rango de las opciones del hardware, incluyendo la facilidad de aumentar puntos de acceso y clientes inalámbricos dentro de la red.
- *Seguridad:* La disponibilidad de encriptación y autenticación dentro de los equipos.

3.3.1. Primer grupo de equipos inalámbricos

AirConnect (3Com), AIRCONNECT



Gráfico 3-10 Airconnect de 3Com [86]

- Características técnicas
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: IEEE 802.11b High Rate, IEEE 802.11(DSSS), IEEE 802.3 (10 Base T), SNMP v2, DHCP, BOOTP, WECA Wi-Fi
 - Configuración remota: HTTP, Telnet, Serial, PPP, SNMP
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
 - Autenticación de usuarios: disponible
 - Tipo de directorio(seguridad): RADIUS
 - Tipo de alerta: Logging

- Características físicas

- Chip set: Intersil
- Dimensiones: 3.18cm H x 14.97cm L x 19.69cm W
- Peso: 0.454 Kg
- Temperatura operativa: -20° C a 55° C
- Humedad: 10% a 90% no condensada
- Rango: 303 mt (ambiente abierto, 11Mbps)
- Suministro de Poder: 24 VDC a través del cable 10Base T; 110 o 220 VAC
- Requerimientos de poder: 300 mA(Transmisión), 170 mA(Recepción), 25 mA(Sleep)
- Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000, windows CE, Linux

- Precios

- PC Card: \$ 218
- PCI Card: \$ 287
- Access Point: \$ 1195

Aironet (Cisco), AIRONET 350



Gráfico 3-11 Aironet de Cisco[87]

- Características técnicas:
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: IEEE 802.11, IEEE 802.3, BOOTP, DHCP, SNMPv2, Wi-Fi
 - Configuración remota: HTTP, Telnet, FTP, SNMP
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
 - Autenticación de usuarios: disponible
 - Tipo de directorio(Seguridad): RADIUS
 - Tipo de alerta: Logging
 - Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000, windows CE, Linux, Mac

- Características físicas:

- Chip set: Cisco, Intersil
- Dimensiones: 16cm x 13cm x 3.68cm
- Peso: 0.46 Kg
- Temperatura operativa: 0° C a 55° C
- Humedad: 0 a 90 % no condensada
- Rango: 400ft(ambiente abierto, 11 Mbps)
- Suministro de Poder: 110 o 220 VAC
- Requerimientos de poder: 450 mA(Transmisión), 270 mA(Recepción), 15 mA(Sleep)
- Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000, DOS, windows 3.x, Linux, Mac

- Precios

- PC Card: \$ 229
- PCI Card: \$ 339
- Access Point: \$ 1499

Orinoco(Lucent), AP-1000



Gráfico 3-12 AP – 1000 de Lucent[88]

- Características técnicas
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: 802.11b, SNMP MIB II, DHCP, BOOTP, 802.3, 802.1D, TRAPS (power up, authentication, link up/down), Wi-Fi
 - Configuración remota: Aplicación propietaria basada en ventanas
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
 - Autentificación de usuarios: disponible
 - Tipo de directorio(seguridad): RADIUS
 - Tipo de alerta: SNMP traps

- Características físicas

- Chipset: Lucent
- Dimensiones: 5 cm x 18.5 cm x 26.1 cm
- Peso: 1.75 Kg
- Temperatura operativa: 0° a 40° C
- Humedad: 20% a 80% relativa
- Rango: 535 ft (ambiente abierto, 11 Mbps)
- Suministro de poder: Autosensitivo 100/240 VAC, 50/60 Hz
- Requerimientos de poder: 285 mA(Transmisión), 185 mA(Recepción), 9 mA(Sleep)
- Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000, DOS, windows 3.x, Linux, Mac

- Precios:

- PC Card: \$ 179
- PCI Card: \$ 69
- USB: \$199
- Access Point: \$995

Wireless LAN 11 Mbps DSSS (Ericsson)



Gráfico 3-13 Wireless LAN y tarjetas PCMCIA de Ericsson[89]

- Características técnicas
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: 802.11b, DHCP, BOOTP, 802.3 (10BaseT) WECA Wi-Fi
 - Configuración remota: HTTP, Telnet, Serial
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
 - Autenticación de usuarios: disponible
 - Tipo de directorio(seguridad): RADIUS
 - Tipo de alerta: Logging

- Características físicas

- Chipset: Intersil
- Dimensiones: 4.5 cm x 16 cm x 21.5 cm
- Peso: 0.8 Kg (sin antenas)
- Temperatura operativa: -20° a 55° C
- Humedad: 20% a 80% relativa
- Rango: 450 m (ambiente abierto, 11 Mbps)
90 m (ambiente de oficina, 11 Mbps)
- Suministro de poder: 100-250 VAC, 50-60 Hz, 0.5 A
- Requerimientos de poder: 300 mA(Transmisión), 170 mA(Recepción), 25 mA(Sleep)
- Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000, DOS, Linux

- Precios:

- PC Card: \$ 219
- Access Point: \$ 1145

Wireless 2011 LAN Solution (Intel Pro)



Gráfico 3-14 Wireless 2011 LAN solution de Intel Pro[90]

- Características técnicas
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: Wi-Fi IEEE 802.11b High Rate, 802.3U/100BaseT, SNMP v2, 802.1H, 802.1d Spanning Tree, 802.11d (International Roaming), BOOTP, DHCP
 - Configuración remota: HTTP, Telnet, SNMP, FTP
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
 - Autenticación de usuarios: disponible

- Tipo de directorio(seguridad): Ninguna
- Tipo de alerta: Logging
- Características físicas
 - Chipset: Intersil
 - Dimensiones: 4.85 cm x 18.34 cm x 24.69 cm
 - Peso: 0.454 Kg (sin antenas)
 - Temperatura operativa: -20° a 55° C
 - Humedad: 20% a 80% relativa
 - Rango: 120 m (ambiente abierto, 11 Mbps)
30 m (ambiente de oficina, 11 Mbps)
 - Suministro de poder: 85-270 VAC, 50-60 Hz, 0.5 A
 - Requerimientos de poder: 300 mA(Transmisión), 170 mA(Recepción), 25 mA(Sleep)
 - Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000, DOS, Linux, Pocket PC
- Precios:
 - PC Card: \$ 199
 - Access Point: \$ 999

Access Point 2102 (Intermec)



Gráfico 3-15 Access Point 2102 [91]

- Características técnicas
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: 802.11b, DHCP, BOOTP, 802.3 (10BaseT) WECA Wi-Fi
 - Configuración remota: HTTP, Telnet, Serial
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
 - Autenticación de usuarios: No disponible
 - Tipo de directorio(seguridad): No disponible
 - Tipo de alerta: SNMP Traps

- Características físicas

- Chipset: Lucent
- Dimensiones: 3.53 cm x 9.32 cm x 14.66 cm
- Peso: 0.232 Kg (sin antenas)
- Temperatura operativa: -20° a 65° C
- Humedad: 10% a 90% relativa
- Rango: 356 m (ambiente abierto, 2 Mbps)
- Suministro de poder: 100-250 VAC, 50-60 Hz, 0.5 A
- Requerimientos de poder: 285 mA(Transmisión), 185 mA(Recepción), 9 mA(Sleep)
- Drivers para clientes: win9x, windows NT 4, windows 2000

- Precios:

- PC Card: \$ 199
- PCI Card \$ 277
- Access Point: \$ 895

Elección del producto para el prototipo

Se puede apreciar dentro de las características físicas y técnicas de los 6 productos anteriores no existe mucha diferencia porque los productos usan uno de los dos chips: Intersil y Lucent. Todo los productos tienen los mismos estándares; es decir, todos tienen dirección IP dinámica para los clientes, dirección IP estática, Wi-Fi por nombrar algunas características. Por ese motivo, la selección del producto se basará en otros parámetros como son: arquitectura escalable, administración, instalación, configuración, seguridad.

o *Arquitectura Escalable*

Los 6 productos permiten aumentar con facilidad los puntos que generan las celdas inalámbricas. Pero tiene una gran ventaja el equipo de ORINOCO porque tiene 2 ranuras (slots) para tarjetas PCMCIA que permiten tener dos celdas inalámbricas con dos frecuencias distintas sin necesidad de comprar otro *Access Point*. Además, las interfaces que tiene para clientes los 6 productos tienen para PCMCIA y PCI; pero, ORINICO también tiene productos para clientes con USB

- o *Administración*

La administración de los productos CISCO y ORINOCO son sencillas. Aunque el mejor suite para administración y reportes pertenece a ORINOCO por las herramientas de diagnostico que tiene para el Access Point y el cliente.

- o *Instalación*

Los seis productos poseen drivers en los principales sistemas operativos. Los productos de Ericsson, Intel y 3Com son los mas difíciles de instalar porque necesitan configurarse mediante terminal usando un cable "null modem".[79]

- o *Configuración*

La aplicación basada en ventanas del equipo ORINOCO ha sido reconocida como la más fácil de usar de los seis productos evaluados.[80]

- o *Seguridad*

El nivel de seguridad de los 6 productos son parecidas porque todos soportan encriptación de 40 y 128 bits; además de usar un servidor RADIUS para autenticación de usuarios. Pero, el producto de CISCO

usa el LEAP, que es un protocolo propietario de encriptación.

En conclusión, los equipos CISCO y ORINOCO sobresalen del resto de los equipos evaluados. El diseño modular y fácil de escalar del hardware, la mayor facilidad de instalación, administración y reportes que brinda dan como resultado al equipo ORINOCO es el producto seleccionado para implementar el prototipo dentro del área ya mencionada antes.

3.3.2. Segundo grupo de equipos inalámbricos

Orinoco(Lucent), Outdoor Router System



Gráfico 3-16 Outdoor router de Lucent[92]

- Características Técnicas

- Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
- Estándares: 802.11b, 802.3, Spanning Tree, BOOTP, DHCP, RIPv2
- Configuración remota: Aplicación propietaria basado en ventanas
- Encriptación: 64 bit, 128 bit

- Características Físicas

- Chipset: Lucent
- Dimensiones: 5 cm x 18.5 cm x 26.1 cm
- Peso: 1.75 Kg
- Temperatura operativa: 0° a 40° C
- Humedad: 20% a 80% relativa
- Suministro de poder: Autosensitivo 100/240 VAC, 50/60 Hz

- Precios

- | | |
|-----------------------------------|---------|
| ○ ROR 1000 | \$ 995 |
| ○ COR 1100 | \$ 1250 |
| ○ 5dBi Omni Vehicle with 8' cable | \$ 105 |

○ 7dBi Base Station	\$ 108
○ 10dBi Omni Base Station	\$ 250
○ 14dBi Yagi	\$ 160
○ 24dBi Parabolic Grid Antenna	\$ 145
○ 12dBi Wide Angle 120°	\$ 220

3Com, Wireless Bridge



Gráfico 3-17 Wireless Bridge de 3Com[93]

- Características Técnicas
 - Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
 - Estándares: 802.11b, 802.3, Spanning Tree,
 - Configuración Remota: Telnet, Serial, GUI
 - Encriptación: 40 bit, 128 bit
- Características Físicas

- Dimensiones: 2.5 cm x 15.7 cm x 17.9 cm
- Peso: 0.648 Kg
- Temperatura operativa: -20° a 55° C
- Humedad: 10% a 95% relativa(no condensada)
- Suministro de poder: 120-240VAC
- Conector de antena: Propetario
- Precios
 - Wireless Bridge \$ 990
 - Wireless Bridge (11Mbps) \$ 1095

Cisco, Wireless Bridge-350



Gráfico 3-18 Wireless Bridge de Cisco[94]

- Características Técnicas

- Velocidad: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps
- Estándares: 802.11b, 802.3, Spanning Tree, BOOTP, DHCP, RIPv2
- Configuración Remota: Telnet, HTTP, FTP, SNMP
- Encriptación: 128 bit
- Características Físicas
 - Dimensiones: 3.3 cm x 17.1 cm x 15.9 cm
 - Peso: 0.648 Kg
 - Temperatura operativa: -20° a 55° C
 - Humedad: 10% a 90% relativa(no condensada)
 - Rango: 28.9 Km(11Mbps) / 40.2Km(2Mbps)
 - Suministro de poder: Autosensitivo 100/240 VAC, 50/60 Hz
 - Conector de antena: Reverse Polarity TNC(RP-TNC)
- Precios

○ Wireless Bridges:	\$ 890
○ 5.2dBi Omni Ceiling Mount Antenna	\$115
○ 6dBi Patch Wall Mount Antenna	\$176
○ 13.5dBi Yagi Mast Mount Antenna	\$270

- 5.2dBi Omnidirectional Mast Mount Antenna \$115
- 5.2dBi Omnidirectional Ground Plane Antenna \$160
- 3dBi Patch Wall Mount Antenna \$160
- 5.2dBi Pillar Mount Diversity Omni Antenna \$168
- 2.2dBi POS Diversity base Antenna \$ 96
- 21dBi Solid Dish Antenna \$695
- 2.2 dBi POS Diversity Dipole Antenna \$138
- 8.5dBi Hemispherical Patch Antenna \$192
- 12dBi Omnidirectional Mast Mount Antenna \$525

Elección del producto para el prototipo

Como sucedió en la selección del producto en el grupo anterior para la implementación de las redes inalámbricas, las características técnicas de los equipos no difieren mucho. Todos estos equipos pueden funcionar ya sea como bridge mediante Spanning Tree o como un router usando el protocolo RIP. El rango de los equipos no se puede determinar porque depende o influye bastante la potencia de la antena. A continuación se muestra la *tabla 3-2* distancias y configuraciones del FCC.

Antenas		24 dBi	14 dBi	12 dBi	10 dBi	7 Dbi
24 dBi	1 Mbps	26.2	19.0	17.3	15.8	14.1
		Km	Km	Km	Km	Km
	2 Mbps	24.5	16.9	15.4	14.1	12.0
		Km	Km	Km	Km	Km
	5.5Mbps	21.8	14.4	13.1	12.0	10.2
		Km	Km	Km	Km	Km
	11Mbps	19.4	12.8	11.2	10.2	8.7
		Km	Km	Km	Km	Km
14 dBi	1 Mbps	12.0	10.9	9.5	8.1	7.1
		Km	Km	Km	Km	Km
	2 Mbps	10.2	9.3	8.1	6.6	5.0
		Km	Km	Km	Km	Km
	5.5Mbps	8.7	7.6	6.6	5.1	3.5
		Km	Km	Km	Km	Km
	11Mbps	7.1	6.1	5.1	3.6	2.5
		Km	Km	Km	Km	Km

Tabla 3-2 Distancias y configuraciones no reguladas del FCC

[96]

Los parámetros de la elección del segundo grupo de equipos se basaran en los mismos que uso en la elección anterior.

- *Arquitectura escalable*

El diseño más escalable lo tiene el equipo de Lucent porque las interfaces que proporcionan el enlace inalámbrico se basan en tarjetas PCMCIA. Este tipo de tarjeta nos facilita el upgrade de nueva tecnología porque simplemente se cambiaría la tarjeta y se actualizaría el firmware del equipo. En los dos equipos restantes solo se puede hacer actualización al firmware pero no el hardware como sucede con el equipo de Lucent.

- *Administración*

El software de administración que tiene el equipo de Lucent provee gran flexibilidad en sus reportes y mayor información que los que tienen los equipos de CISCO y 3COM

- *Instalación*

No existe mayor diferencia en la instalación en el software para la administración de los equipos.

- *Configuración*

Se reconoce que la configuración del equipo Lucent es el más fácil de usar gracias a su aplicación basada en ventanas.

- *Seguridad*

Los tres equipos permiten la encriptación de datos ya sea 40 bits o 128 bits

En conclusión, el equipo de Lucent satisface los requerimientos que se necesitan para implementar el prototipo. Principalmente, por su arquitectura escalable que nos asegura una gran vida útil del equipo. La facilidad de mejorar los equipos a la par de la tecnología es una característica importante dentro del campus Gustavo Galindo, cabe recordar que la mayoría de los equipos usados en el backbone ya están discontinuados.

3.4. Interacción con el backbone

En las secciones anteriores se describió la metodología del diseño y el esquema lógico, para los dos posibles ambientes en los que se puede desarrollar la tecnología inalámbrica, usando el protocolo 802.11.

A continuación se muestra el funcionamiento del prototipo interactuando con los dispositivos dentro de la red local del edificio 37.

Estos dispositivos son los servidores con sus respectivos servicios como por ejemplo son DNS (*Domain Name Services*), DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), POP3 (*Post Office Protocol versión 3*), FTP (*File Transfer Protocol*).

Además, se mostrará la factibilidad de realizar este prototipo a nivel macro; es decir, permitir a la comunidad de aprendizaje dentro de la ESPOL acceder a la información "en cualquier parte y en cualquier lugar". Cabe mencionar que es importante saber donde estarán las celdas inalámbricas, no se pueden colocar en todas partes porque no es útil instalar equipos donde no existe potenciales clientes inalámbricos o aplicaciones. Se recomienda colocar celdas inalámbricas donde existe la necesidad de información como sería en las aulas o facultades y no en el parqueadero o lugares donde sea ineficiente su uso.

Interacción del prototipo con la red interna del edificio 37

En la red interna del edificio 37, como ya se menciono antes, funcionan los siguientes centros de investigación y la distribución de computadoras se muestra en la *tabla 3-3*.

Centro de Investigación	Número de Computadoras
-------------------------	------------------------

C.T.I.	21
CENAIM	9
CICYT	7
CISE	6

Tabla 3-3 Distribución interna de computadoras

La red interna es una red Ethernet y está conectada mediante los principios de cableado estructurado. Todos los puntos internos están conectados mediante cable UTP cat 5 a un rack que está ubicado en el cuarto de control de la sala de educación a distancia. En el rack se ubican los 4 hubs que se usan para la conexión y comunicación de todos los puntos.

Existen dentro de la red 3 servidores NT 4 service pack 6ª (última versión disponible) con distintos servicios que se usan para el normal desempeño de los usuarios dentro de un ambiente como este. A continuación se muestra en la *tabla3-4* los servicios internos de cada uno de los servidores.

Servidor	Servicios
Compaq Proliant 800	DNS DHCP

	WEBSERVER CHATSERVER Autenticación de usuarios Primary Domain Controller(PDC) Servidor de Impresoras
Compaq Prosignia 200	FTP WEBSERVER Backup Domain Controller(BDC) Servidor para Transmisión de Video
Dell PowerEdge 4400	Servidor de Correo Servidor de Aplicaciones

Tabla 3-4 Distribución de servicios internos

Como se puede observar en los servicios que proveen los servidores, son los mismos que existen dentro de la ESPOL. Por ese motivo es válido analizar el comportamiento de los equipos inalámbricos porque están en un ambiente parecido al que se implementará.

La conexión del edificio 37 al backbone se realiza a través de dos tramos de fibra óptica. El primer tramo conecta CESERCOMP con la central telefónica y el segundo tramo conecta la central telefónica con el edificio 37. En la central telefónica está ubicado el switch de capa 3 que

conecta el edificio 37 con CESERCOMP mediante un módulo Ethernet. Esta conexión mediante fibra óptica es a 10 Mbps, esto debido a los transceiver que están en cada uno de los extremos. Se usa transceiver para transformar el medio físico de la fibra óptica a interfaz RJ-45 para conectar ya sea al puerto del switch o al hub mediante UTP. En el gráfico 3-19 se muestra el esquema de conexión del edificio 37 con CESERCOMP.

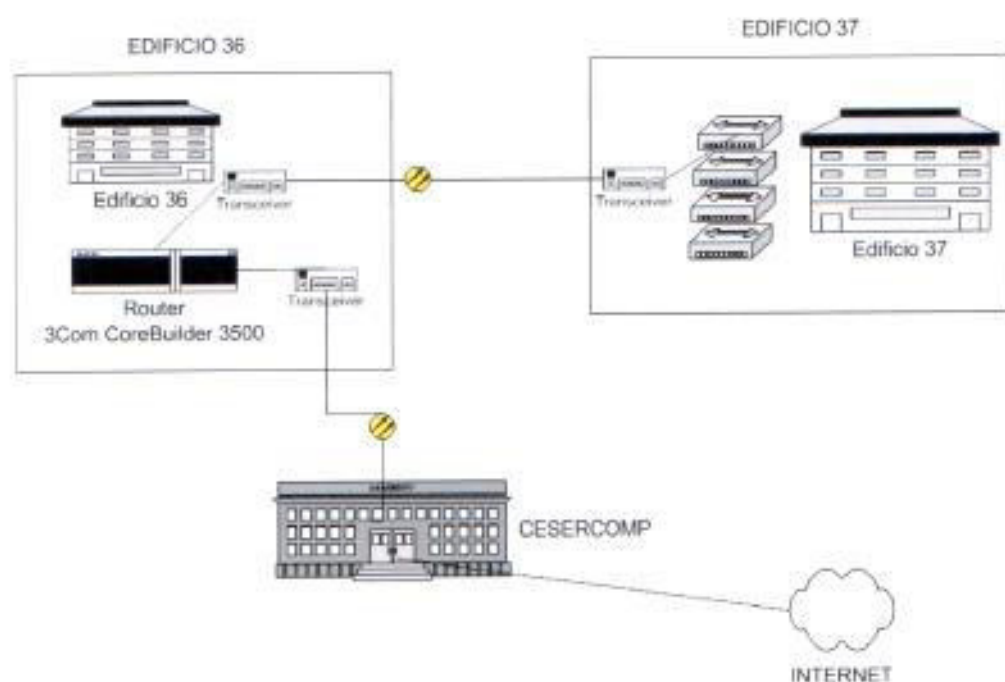


Gráfico 3-19 Esquema de conexión interno

Las direcciones IP de la red son públicas y de clase C. El rango se ha dividido lógicamente en segmentos para cada uno de los centros a los que pertenece la red y, un grupo también fue designado para los servidores que tienen más de una dirección IP.

Los equipos inalámbricos que producen las celdas y los clientes fueron instalados dentro de la red. Cada uno tiene asignado una dirección IP, un gateway y su DNS, la asignación de estos parámetros se lo puede hacer estático y dinámico mediante BOOTP y DHCP que son protocolos que hay en la red.

La transparencia que tienen los equipos inalámbricos es importante, debido que las celdas inalámbricas funcionan como *bridge* entre una Ethernet y el aire. Esta transparencia hace sumamente fácil la instalación e interacción de estos equipos con el ambiente antes descrito.

Dentro de la red existen aplicaciones que funcionan adecuadamente con estos dispositivos como es la transmisión de video o el conocido VNC para administración remota de computadoras.

La red inalámbrica instalada en el edificio 37 mantendría los servicios de conectividad que los usuarios tienen mediante la red tradicional usando cable. Cabe mencionar que teóricamente el rendimiento es menor y el tiempo de respuesta es mayor en la red

inalámbrica que la red tradicional. En el siguiente capítulo están los cuadros y tablas de las pruebas realizadas en los prototipos donde se verificará los tiempos de respuestas de una red inalámbrica y una red tradicional que usa cable. Los servicios mencionados anteriormente que usan los usuarios o clientes en la red son los siguientes:

- Acceso a Internet
- Acceso a las aplicaciones locales
- Imprimir
- Compartir archivos
- Correo electrónico

Interacción del prototipo con la red externa del edificio 37

El segundo escenario del prototipo es el enlace punto a punto y multipunto que es posible implementar gracias a la tecnología inalámbrica. La red externa del edificio 37 es el backbone y las otras entidades que pertenecen a la ESPOL.

En este tipo de solución, se removerá el enlace que tiene el edificio gracias a la fibra óptica y se usará el enlace mediante los dispositivos descritos para este escenario. Cabe mencionar que el nodo central está ubicado en el edificio 36 y el nodo remoto en el edificio 37.

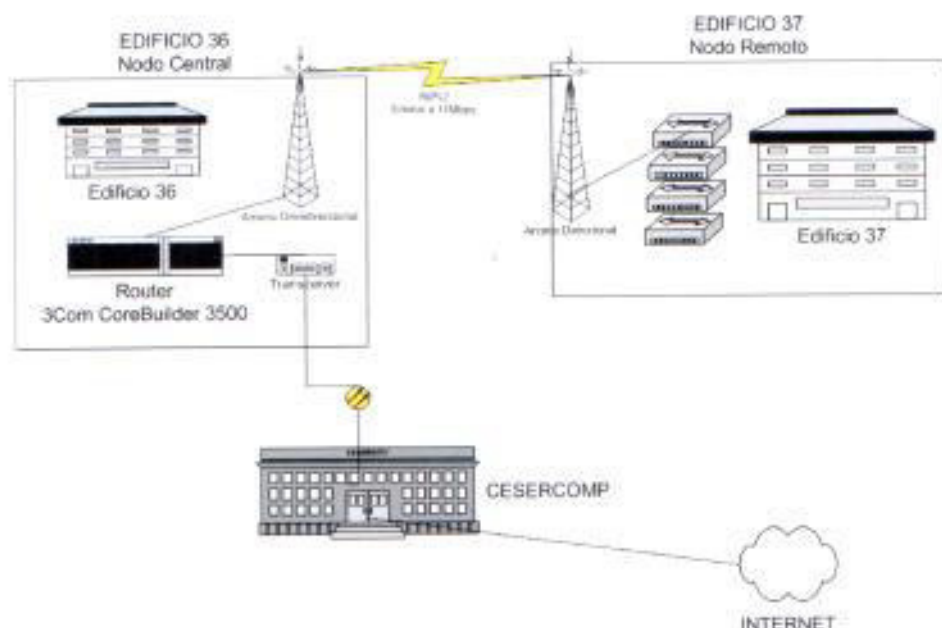


Gráfico 3-20 Esquema de conexión externa

Como se menciona en la sección anterior "Interacción del prototipo con la red interna del edificio 37" la red del edificio 37 tiene servicios internos para sus usuarios. Pero también, gracias al Centro de Tecnologías de Información hay servicios externos que son accedidos a los servidores dentro de dicha red. La distribución de servicios externos se muestra en la siguiente tabla.

SERVIDOR	SERVICIOS EXTERNOS
Compaq Proliant 800	Website LSI

	Chat Server
Compaq Prosignia 200	Servidor de Video Website CICYT Website Proyecto IEPSE FTP
Dell PowerEdge 4400	Website CTI WebMail Website Proyecto Related SIDWeb

Tabla 3-5 Distribución de servicios externos

Todos los usuarios externos que desean usar los servicios externos descritos en la tabla anterior como los usuarios internos, usarán el enlace de radio mediante el protocolo 802.11. Hay que señalar que teóricamente el ancho de banda o la capacidad de este enlace es menor que el logrado mediante la fibra óptica. En el siguiente capítulo están los cuadros y tablas de las pruebas realizadas en los prototipos donde se verificará los tiempos de respuestas usando el enlace de radio y la fibra óptica.

Esta forma de enlace mediante tecnología inalámbrica es útil en escenarios que no es posible acceder al lugar remoto o servicios de alta

transferencia de información. Algunos ejemplos de estos escenarios son los siguientes:

- Conexión a cuartos de estudiantes
- Conexión de los edificios donde se dan clases que sea difícil de acceder

Capacidad de crecimiento del backbone interno de la ESPOL

La capacidad del backbone interno de la ESPOL cumplen los requerimientos de la topología implementada. Pero hay que entender como interactuaría la red inalámbrica con los equipos y configuraciones internas. La interacción se basará en los siguientes puntos de vistas que son: la parte de hardware y lógica de la red; y el ancho de banda. Se debería hacer ciertas actualizaciones en el backbone para un óptimo desempeño del futuro ambiente inalámbrico dentro de la ESPOL que se explican a continuación.

La mayor parte de los equipos de red que se usa dentro de la ESPOL está discontinuado [81] y los equipos más antiguos no soportan los estándares actuales de comunicación como se explico en el capítulo 2. Necesitan ser mejorado para el crecimiento en nuevas tecnologías y servicios como es QoS (*Quality of Service*).

El esquema lógico de las redes dentro de la ESPOL no ha sido usado en su totalidad, como se demostró en el capítulo 2.1. La mayoría de las redes privadas son clases C y sólo existe una red de clase B.

El enlace de Internet de la ESPOL es de 1.4 Mbps asincrónico; es decir, tiene canales distintos de subida (uplink) y bajada (downlink). El ancho de banda actual de la ESPOL no cumple con la métrica que usan los ISP. Los ISP tienen una métrica para saber la cantidad máxima de usuarios o clientes de Internet que pueden soportar y consiste cada usuario debe tener 10 K. Esto significa que la ESPOL debería tener 143 usuarios como máximo pero en la realidad existen 1237. Por este motivo, hay que prever el crecimiento de los usuarios inalámbricos para satisfacer sus necesidades de la enlace mediante el aumento del ancho de banda de la conexión de Internet en un futuro cercano.[82]

En conclusión, la red interna de la ESPOL provee la capacidad de crecer en el número de redes pero esto también significa que existirá un aumento de usuarios conectados al backbone y a su vez al enlace de Internet. Antes de implementar la red inalámbrica hay que buscar opciones para aumentar el ancho de banda y satisfacer los requerimientos de conectividad. Desde el punto de vista del hardware dentro del backbone no existe problema porque los switches ATM y sus

conexiones físicas no necesitan ser cambiadas o modificadas; pero, los equipos remotos que conectan todas las entidades con el backbone la mayoría tiene características limitadas para implementar el campus inalámbrica como se explico en el capítulo 2. Algunas características importantes de equipos modernos son proveer DHCP por puerto y soportar el protocolo 802.1q que es el estándar para VLAN (redes virtuales).

CAPITULO 4

4. IMPLEMENTACION

4.1. Estrategia para la implementación

Para la implementación y funcionamiento de la red inalámbrica dentro del campus Gustavo Galindo se proponen 3 fases definidas a continuación:

- Fase 1: Backbone

Incluye los cambios necesarios en equipos y esquema lógica dentro de la estructura de la red interna para la posterior implementación de la red inalámbrica.

- Fase 2: Red inalámbrica

Incluye los requerimientos necesarios para poder instalar la red inalámbrica en los puntos o lugares definidos.

- Fase 3: Administración y Mantenimiento

Incluye las políticas para la administración y el soporte técnico que deberá existir dentro del campus inalámbrico.

Fase 1: Backbone

Los objetivos en esta fase son la implementación de una red virtual y la seguridad interna. La red virtual debe ser implementada para todo el campus inalámbrico y la principal característica es la escalabilidad o disponibilidad de direcciones para la posterior demanda de usuarios.

La seguridad interna es un parámetro muy importante para la implementación del campus inalámbrico porque el acceso de los usuarios es mucho más flexible y tiene naturaleza público, comparada con el esquema que se utiliza actualmente en la ESPOL. Como se muestra en el gráfico siguiente existirían varias formas y lugares para acceder a la red interna.

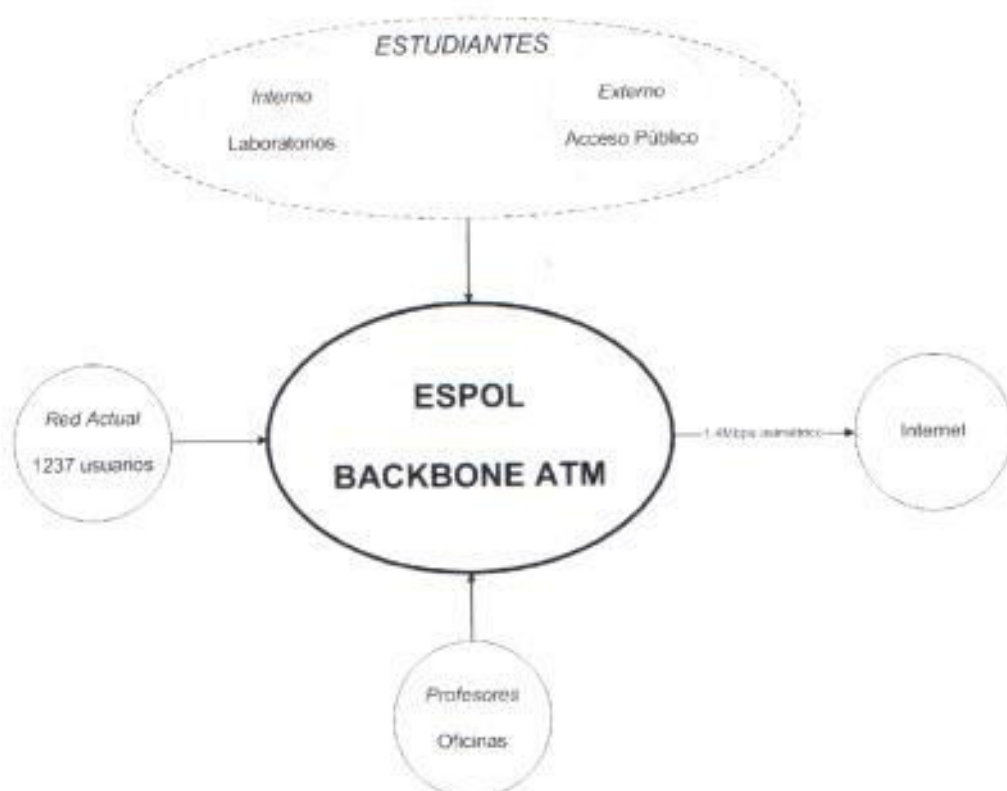


Gráfico 4-1 Distintos perfiles de usuarios para acceder al backbone[98]

La red virtual para todo el campus inalámbrico debería ser implementada con las siguientes características. Estas características se obtuvieron de las experiencias obtenidas del prototipo implementado:

- La red debe ser privada.
- Permitir manejar DHCP, para mayor facilidad de configuración para los usuarios finales.

- Los equipos que permitirán implementar deben soportar 802.1q es el estándar para las redes virtuales.

Los equipos que están funcionando actualmente dentro del campus no permiten implementar la red virtual con las características necesarias. Además estos equipos deben estar ubicados con rutas de acceso para poder conectar el *"backbone inalámbrico"*. Se llama *backbone inalámbrico* al lugar físico donde se concentrarán todas las conexiones de los puntos de acceso, se ubicarán principalmente en los edificios donde se reciben clases en cada facultad, bares y lugares donde exista gran cantidad de estudiantes.

La seguridad interna para el campus inalámbrico debe ser implementada con las siguientes características basado en el funcionamiento del prototipo instalado

- Instalar un servidor RADIUS (para la autenticación de los usuarios inalámbricos.
- Instalar un firewall en la red inalámbrica.
- Instalar un servidor para realizar accounting de los clientes.

Actualmente el firewall que está instalado dentro del campus posee las características que fueron mencionadas anteriormente.

Fase 2: Red Inalámbrica

El objetivo principal de esta fase es determinar la cantidad mínima de celdas inalámbricas para tener una red inalámbrica que permite el acceso de los estudiantes en las facultades. Se ha determinado como prioridad los lugares para el funcionamiento de la red inalámbrica, los edificios donde reciben clases los alumnos. Antes de instalar la red inalámbrica debe estar implementado el *backbone inalámbrico*. El *backbone inalámbrico* es el intermediario entre la red virtual que se menciona en la fase 1 y los equipos que generan las celdas inalámbricas, se recomienda usar bridges como intermediario en este diseño.

EDIFICIO	CANTIDAD MINIMA DE APs	Signal level (dBm)	Noise Level (dBm)	Signal Noise Rate (dB)
ICHE 1	2	-78	-94	17
		-78	-94	17
ICHE 2	2	-78	-94	17
		-78	-94	17
ICHE 3	2	-85	-93	8
		-85	-93	8
ING. BASICO	4	-80	-90	10
		-80	-90	10
		-80	-90	10
		-80	-90	10
FIEC	4	-80	-90	10
		-80	-90	10
		-80	-90	10
		-80	-90	10
FIMCP	2	-82	-97	15
		-82	-97	15

BIBLIOTECA CENTRAL	3	-75	-98	23
		-82	-96	14
		-82	-96	14
MARÍTIMA	2	-84	-97	13
		-84	-97	13
CIENCIAS DE LA TIERRA	2	-78	-91	13
		-78	-91	13
ESTADISTICA	2	-78	-94	17
		-78	-94	17

Tabla 4-1 Distribución de AP

Como se muestra en la Tabla 4-1, la cantidad mínima para implementar la red inalámbrica en las aulas varía entre 2 y 4. Esta información se obtuvo haciendo el levantamiento de información usando un Access Point, una tarjeta inalámbrica y una computadora portátil; en cada edificio se hicieron las mediciones de los niveles de la señal y ruido para determinar la cantidad mínima de AP's. Con esta distribución se asegura la conectividad en cada aula con distinto enlace y varían en las siguientes velocidades: 1, 2, 5.5 y 11 Mbps. Esta distribución puede aumentar en el futuro, este aumento se debe principalmente a la cantidad de usuarios y el tráfico que generan dentro de la cobertura de la red.

Cabe mencionar que los clientes dentro de la red inalámbrica son computadoras portátiles y la duración promedio de la batería es 2 horas. Por este motivo se recomienda aumentar los puntos que proveen corriente eléctrica para los edificios mencionadas en la Tabla 4-1. En

cada clase existe entre dos y cuatro puntos que proveen corriente eléctrica y esa cantidad no cubriría en un futuro a todos los potenciales clientes inalámbricos.

Fase 3: Administración y Mantenimiento

Los objetivos en esta fase son definir las políticas de administración y el soporte técnico para los clientes de la red inalámbrica. Las políticas de administración son importantes porque definen el funcionamiento óptimo de una red; además, mientras más grande es una red mucho más importante son sus políticas de administración.[99] El soporte técnico es importante dentro de una red para que el usuario sepa que no se encuentra solo y existe un equipo que lo puede ayudar si tiene algún problema.

Antes de mencionar las políticas de administración y soporte técnico, se describirá el escenario en el cual se establecerán dichas políticas. Las características más importantes son las siguientes:

- Acceso público dentro de la cobertura de la red inalámbrica.
- VLAN única para todo los clientes inalámbricos.
- Asignación de direcciones IP automáticamente (DHCP).
- Monitoreo de todos los puntos de acceso (AP) mediante SNMP.

- Autenticación mediante un servidor RADIUS.
- Direcciones IP privadas

El prototipo dio como resultado las siguientes políticas de administración para la red inalámbrica:

- La política de acceso a la red inalámbrica será restringida siempre y cuando la dirección MAC de la tarjeta inalámbrica no este registrada.
- El acceso desde el exterior de la red inalámbrica (fuera de la ESPOL) debe ser deshabilitado; es decir, no debe existir acceso por FTP u otros programas de conexión remota como VNC.
- Desde el interior de la red inalámbrica puede acceder al Internet y servidores FTP externos.
- Se registrará toda acción irregular de los clientes inalámbricos
- La VLAN de la red inalámbrica no tendrá ningún acceso con otra red interna dentro de la ESPOL. Sólo tendrá acceso a servicios públicos como son los websites de las facultades, sistema académico, etc.

Las normas para el soporte técnico de la red inalámbrica deberían ser:

- Implementar puestos de información en cada edificio donde esta la cobertura de la red inalámbrica.

- Desarrollar un “*virtual helpdesk*” donde se localice información respecto a la red inalámbrica, tal como la cobertura de la red, pasos para la instalación de la tarjeta inalámbrica, preguntas más frecuentes y registro de problemas con sus respectivas soluciones.
- El perfil del personal para soporte técnico es el siguiente: conocimientos de resolución de problemas de sistemas operativos y conocimientos básicos de redes

4.2. Pruebas de retardo y confiabilidad

La metodología para las pruebas de retardo y confiabilidad fue hecho mediante la simulación de escenarios típicos de Internet. El software para estas pruebas es el Chariot de NetIQ (<http://www.netiq.com>). Este software se usa en varios laboratorios de redes y revistas especializadas de computación para evaluar diferentes equipos de redes. Las pruebas fueron realizadas en los prototipos descritos en el capítulo 3. Los escenarios son los siguientes con su respectiva descripción:

- *DNS(Name lookup)*

Emula las peticiones del servicio DNS desde un cliente y un servidor DNS. Por ejemplo, la petición para resolver un hostname a una dirección IP; o, mapear una dirección IP con su hostname. El servicio de DNS usa el puerto 53. UDP es usado para las peticiones y TCP es usado para actualizaciones entre servidores.[100]

- *POP3(Recibir correo) y SMTP(Enviar correo)*

Estos escenarios emulan una transferencia típica de correo. El tamaño de un mensaje es 1000 bytes más 20 bytes de cabecera. El puerto del servicio POP3 en TCP y UDP es 110; y, en SMTP es el puerto 25.[100]

- *FTPput y FTPget*

Este escenario emula el envío de un archivo usando una aplicación de TCP/IP. El tamaño del archivo es 100 000 bytes. El puerto q usa FTP para el flujo de datos en TCP y UDP es el 20; y, el puerto 21 es usado para el control de flujo de datos. [100]

- *HTTPgif y HTTPtext*

Este escenario emula la transferencia de gráficos y texto desde un servidor HTTP. El tamaño del gráfico es 10 000 bytes y para texto

es 1 000 bytes. El puerto 80 es usado en TCP y UDP para el servicio HTTP. [100]

RED INALÁMBRICA

- DNS
 - Throughput

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
DNS UDP	0.509	0.226	0.536	0.027	7.272	5.217
DNS TCP	0.520	0.221	0.544	0.029	7.112	5.579

Tabla 4-2 Throughput en el escenario de prueba DNS

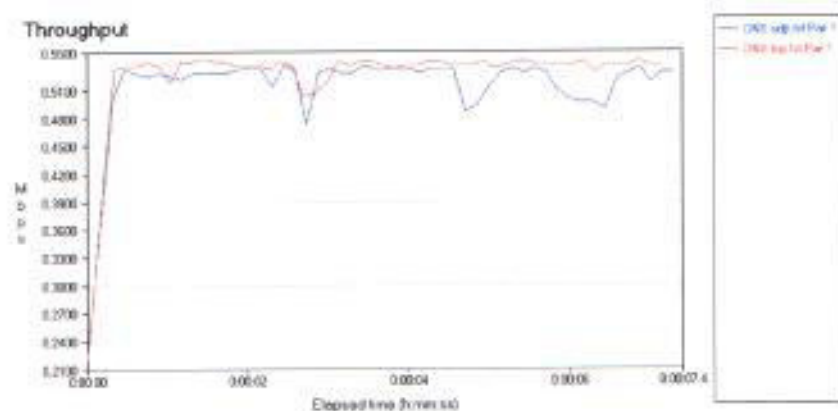


Gráfico 4-2 Throughput en el escenario de prueba DNS

○ Transaction Rate

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
DNS UDP	343.784	152.439	362.319	17.936	7.272	5.217
DNS TCP	351.519	149.254	367.647	19.612	7.112	5.579

Tabla 4-3 Transaction rate en el escenario de prueba DNS

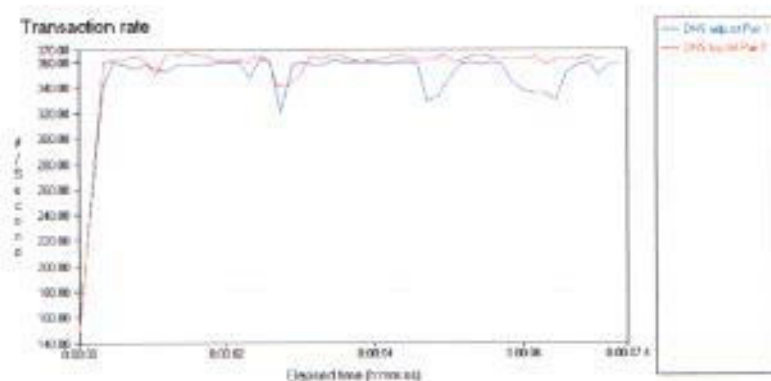


Gráfico 4-3 Transaction rate en el escenario de prueba DNS

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
DNS UDP	0.003	0.003	0.007	0.000	7.272	5.217
DNS TCP	0.003	0.003	0.007	0.000	7.112	5.579

Tabla 4-4 Response Time en el escenario de prueba DNS

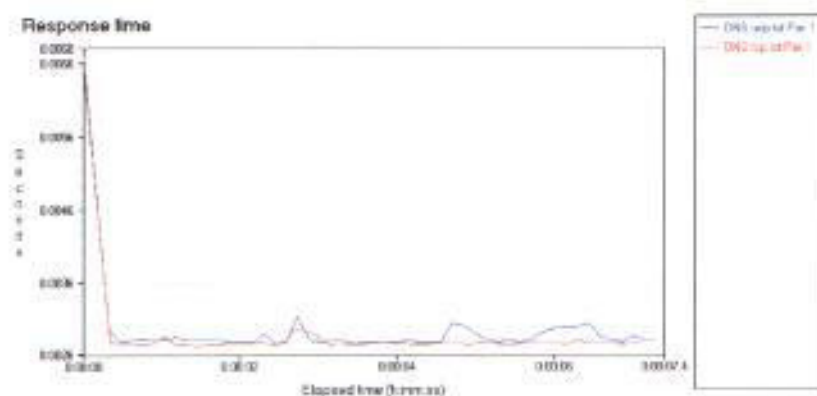


Gráfico 4-4 Response Time en el escenario de prueba DNS

• HTTP-TEXT

○ *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Mínimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	0.804	0.265	0.963	0.071	6.469	8.831
Pair 5, UDP	1.292	0.468	1.529	0.117	4.026	9.035

Tabla 4-5 Throughput en el escenario de prueba HTTP-TEXT

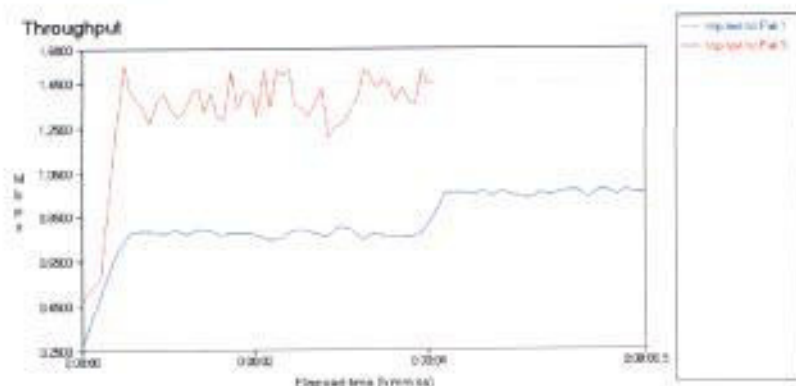


Gráfico 4-5 Throughput en el escenario de prueba HTTP-TEXT

o Transaction Rate

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	77.292	25.510	92.593	6.826	6.469	8.831
Pair 5, UDP	124.193	45.045	147.059	11.221	4.026	9.035

Tabla 4-6 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP-TEXT

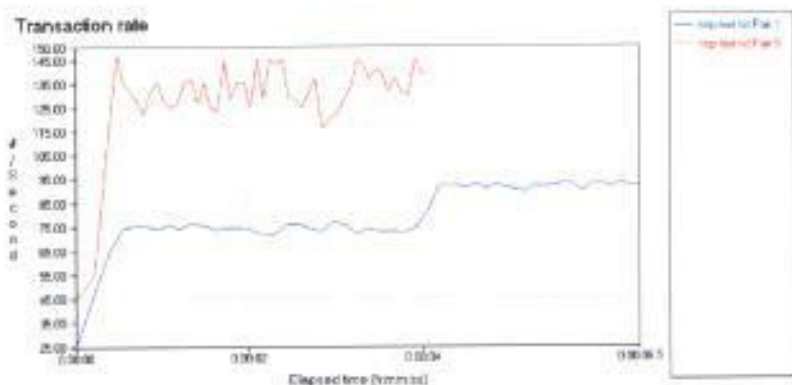
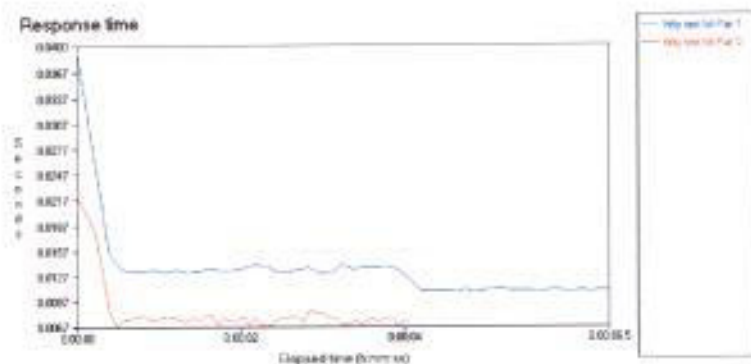


Gráfico 4- 6 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP-TEXT

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	0.013	0.011	0.039	0.001	6.469	8.831
Pair 5, UDP	0.008	0.007	0.022	0.001	4.026	9.035

**Tabla 4-7 Response Time en el escenario de prueba
HTTP-TEXT**



**Gráfico 4-7 Response Time en el escenario de prueba
HTTP-TEXT**

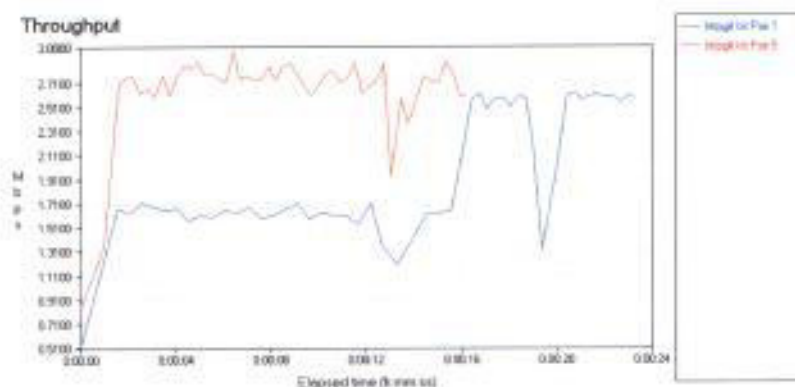
• HTTP-GIF

○ *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	1.772	0.530	2.624	0.203	23.254	11.447
Pair 5, UDP	2.544	0.840	2.964	0.238	16.193	9.338

Tabla 4-8 Throughput en el escenario de prueba

HTTP-GIF



**Gráfico 4-8 Throughput en el escenario de prueba
HTTP-GIF**

○ Transaction Rate

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Minimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1 TCP	21.502	6.431	31.847	2.461	23.254	11.447
Pair5 UDP	30.878	10.194	35.971	2.883	16.193	9.338

**Tabla 4-9 Transaction Rate en el escenario de prueba
HTTP-GIF**

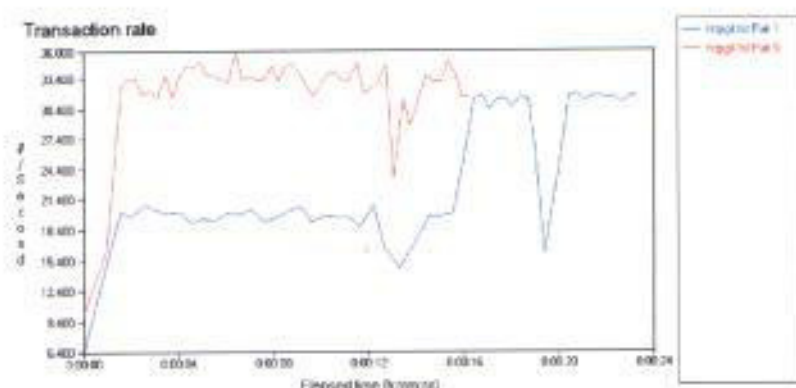


Gráfico 4-9 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP-GIF

o *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1, TCP	0.047	0.031	0.156	0.005	23.254	11.447
Pair5, UDP	0.032	0.028	0.098	0.003	16.193	9.338

Tabla 4-10 Response Time en el escenario de prueba HTTP-GIF

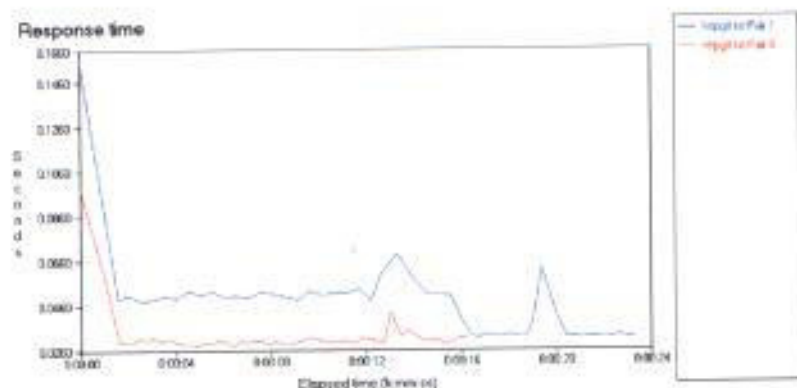


Gráfico 4-10 Response Time en el escenario de prueba HTTP-GIF

- POP3

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Mínimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	0.045	0.044	0.045	0.000	49.946	0.070
Pair 5, UDP	0.790	0.123	0.947	0.178	2.816	22.500

Tabla 4-11 Throughput en el escenario de prueba POP3

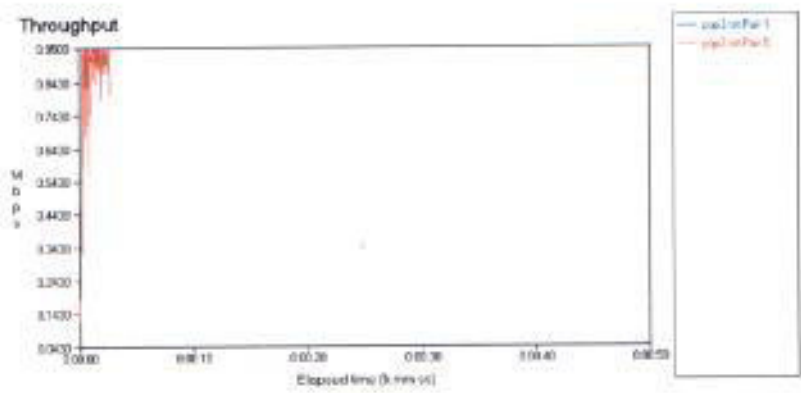


Gráfico 4-11 Throughput en el escenario de prueba POP3

○ Transaction Rate

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1 TCP	5.005	4.980	5.076	0.004	49.946	0.070
Pair5 UDP	88.778	13.812	106.383	19.975	2.816	22.50

Tabla 4-12 Transaction Rate en el escenario de prueba POP3

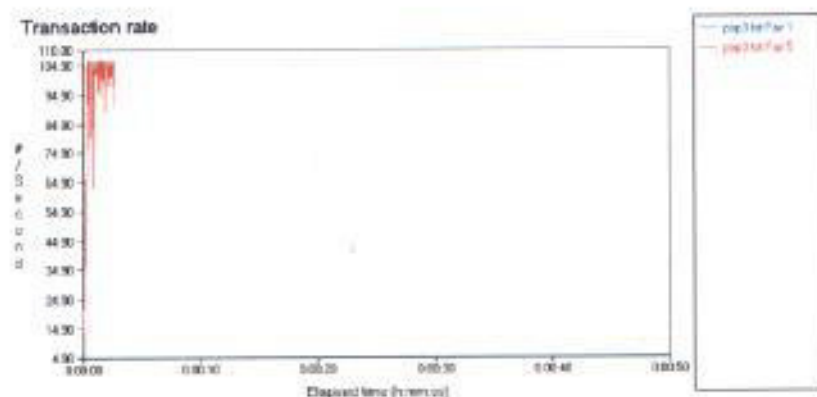


Gráfico 4-12 Transaction Rate en el escenario de prueba POP3

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1, TCP	0.200	0.197	0.201	0.000	49.946	0.070
Pair5, UDP	0.011	0.009	0.072	0.003	2.816	22.500

Tabla 4- 13 Response Time en el escenario de prueba POP3

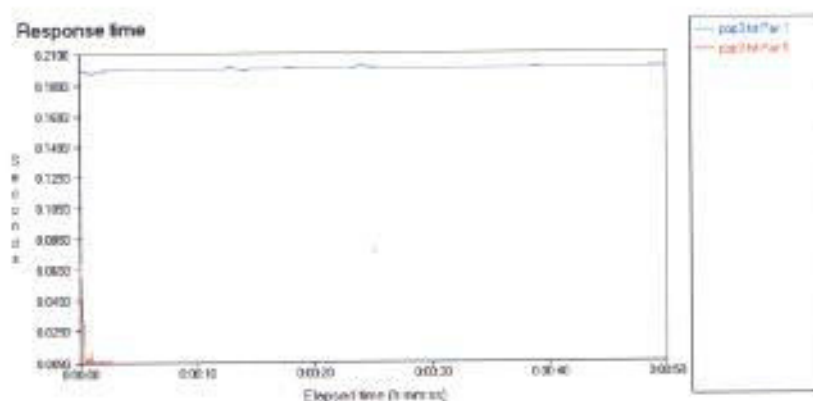


Gráfico 4-13 Response time en el escenario de prueba POP3

- SMTP

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	0.047	0.043	0.047	0.000	55.174	0.835
Pair 5, UDP	0.512	0.103	0.622	0.086	5.042	16.715

Tabla 4-14 Throughput en el escenario de prueba SMTP

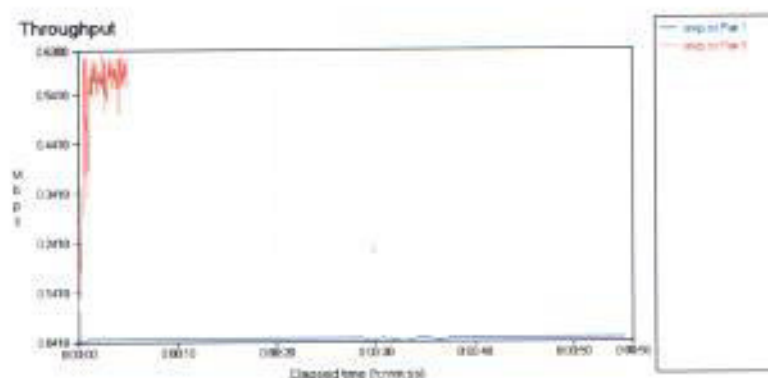


Gráfico 4-14 Throughput en el escenario de prueba SMTP

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1 TCP	4.531	4.122	4.600	0.038	55.174	0.835
Pair5 UDP	49.583	10.000	60.241	8.288	5.042	16.72

Tabla 4-15 Transaction Rate en el escenario de prueba SMTP

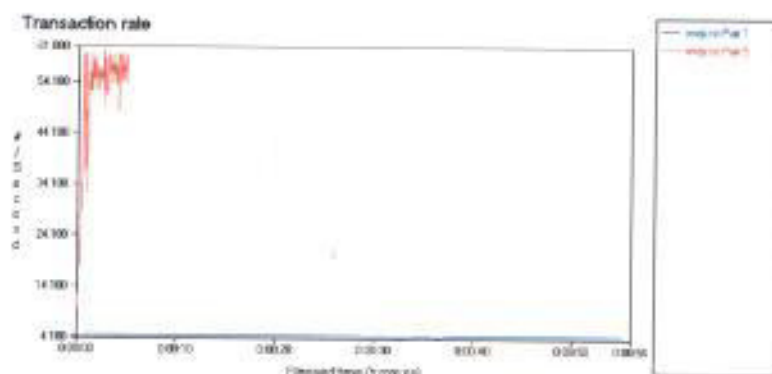


Gráfico 4-15 Transaction Rate en el escenario de prueba SMTP

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1, TCP	0.221	0.217	0.243	0.002	55.174	0.835
Pair5, UDP	0.020	0.017	0.100	0.003	5.042	16.715

Tabla 4-16 Response Time en el escenario de prueba SMTP

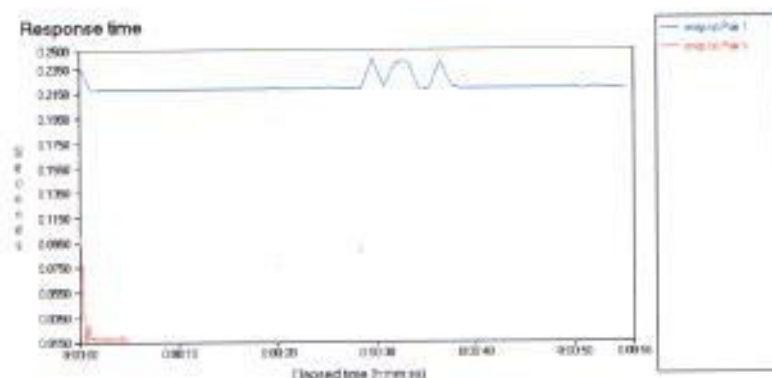


Gráfico 4-16 Response Time en el escenario de prueba SMTP

- FTP PUT
 - *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Mínimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	2.880	0.867	3.297	0.166	27.821	5.771
Pair 5, UDP	2.017	0.551	3.167	0.166	39.723	8.228

Tabla 4-17 Throughput en el escenario de prueba FTP PUT

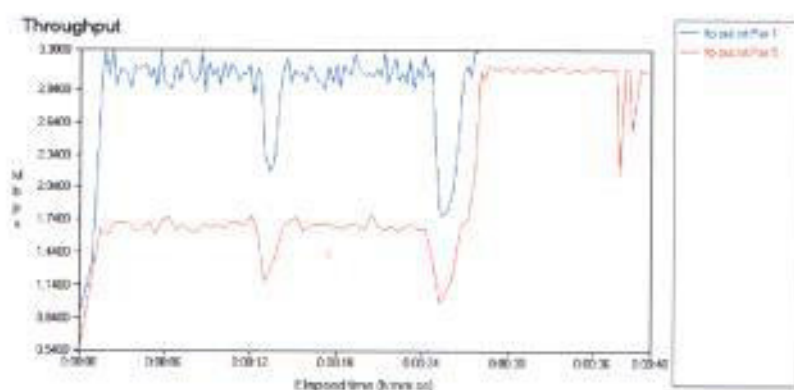


Gráfico 4-17 Throughput en el escenario de prueba FTP PUT

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1, TCP	3.594	1.082	4.115	0.207	27.821	5.771
Pair5, UDP	2.517	0.688	3.953	0.207	39.723	8.228

Tabla 4-18 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP PUT

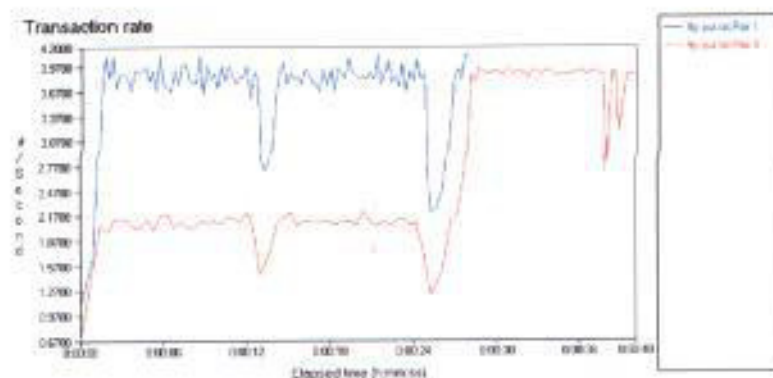


Gráfico 4-18 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP PUT

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	0.278	0.243	0.924	0.016	27.821	5.771
Pair 5, UDP	0.397	0.253	1.453	0.033	39.723	8.228

Tabla 4-19 Response Time en el escenario de prueba FTP PUT

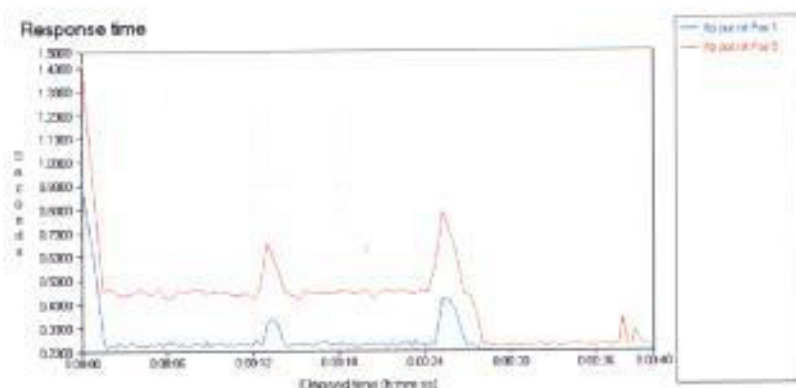


Gráfico 4-19 Response Time en el escenario de prueba FTP PUT

- FTP GET

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 1, TCP	3.290	1.151	4.217	0.203	24.353	6.159
Pair 5, UDP	1.886	0.541	3.192	0.195	42.481	10.354

Tabla 4-20 Throughput en el escenario de prueba FTP GET

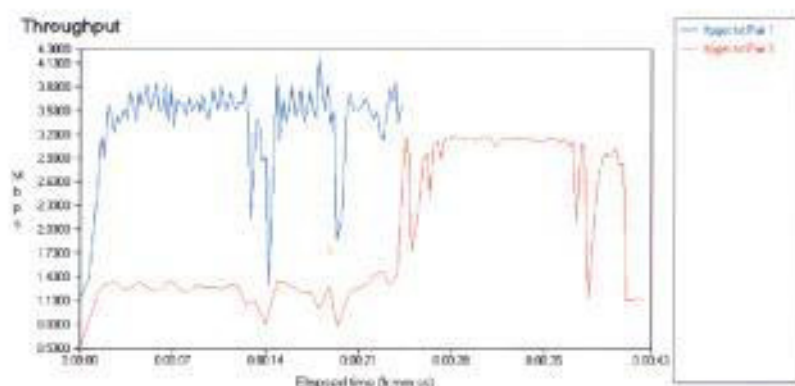


Gráfico 4-20 Throughput en el escenario de prueba FTP GET

o *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1 TCP	4.106	1.437	5.263	0.253	24.353	6.159
Pair5 UDP	2.354	0.675	3.984	0.244	42.481	10.35

Tabla 4-21 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP GET

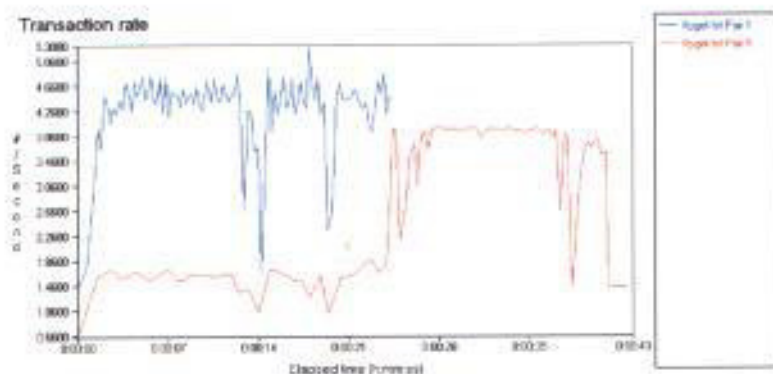


Gráfico 4- 21 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP GET

o *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair1, TCP	0.244	0.190	0.696	0.015	24.353	6.159
Pair5, UD	0.425	0.251	1.482	0.044	42.481	10.354

Tabla 4-22 Response Time en el escenario de prueba FTP GET

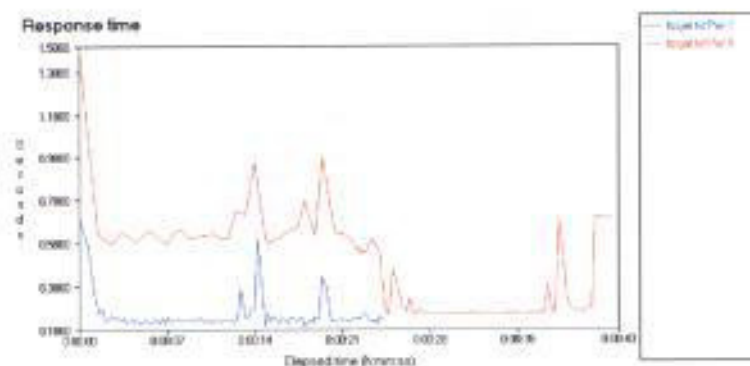


Gráfico 4-22 Response Time en el escenario de prueba FTP GET

ENLACE INALÁMBRICO

- DNS

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 3, TCP	0.021	0.004	0.193	0.007	174.564	31.971
Pair 13, UDP	0.033	0.010	0.161	0.008	113.439	23.969

Tabla 4-23 Throughput del escenario de prueba DNS

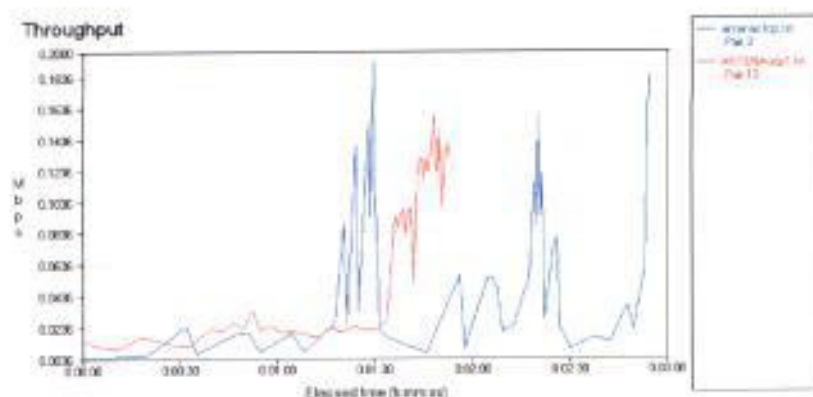


Gráfico 4-23 Troughput del escenario de prueba DNS

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 3, TCP	14.321	2.508	130.548	4.579	174.564	31.971
Pair 13, UDP	22.038	6.688	108.696	5.282	113.439	23.969

Tabla 4-24 Transaction Rate del escenario de prueba DNS

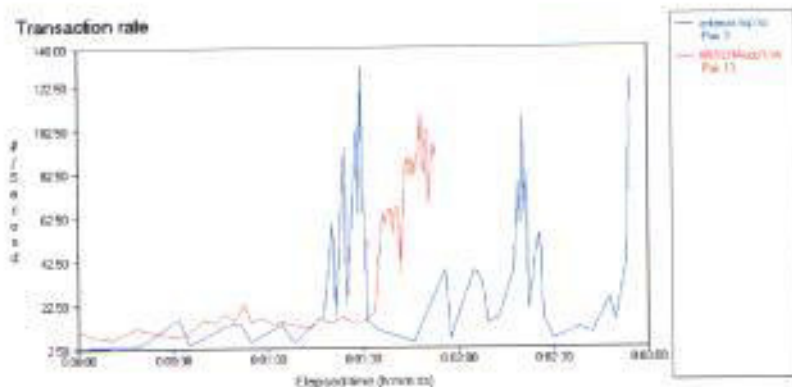


Gráfico 4-24 Transaction Rate del escenario de prueba DNS

o Response Time

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 3, TCP	0.070	0.008	0.399	0.022	174.564	31.971
Pair 13, UDP	0.045	0.009	0.150	0.011	113.439	23.969

Tabla 4-25 Response Time del escenario de prueba DNS

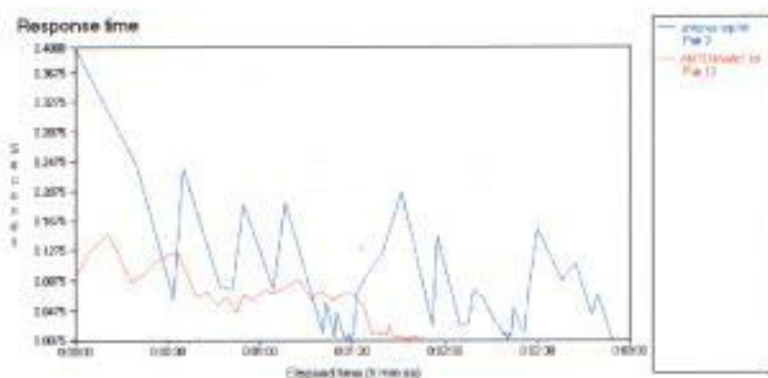


Gráfico 4-25 Response Time en el escenario de prueba DNS

- HTTP TEXT

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Mínimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 7, TCP	0.029	0.003	0.343	0.015	181.427	53.881
Pair 17, UDP	0.115	0.046	0.448	0.015	45.128	13.287

Tabla 4-26 Throughput en el escenario de prueba HTTP TEXT

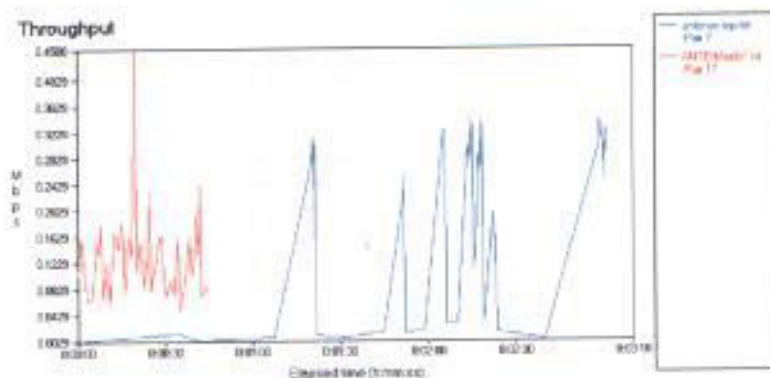


Gráfico 4-26 Throughput en el escenario de prueba HTTP TEXT

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 7, TCP	2.756	0.288	33.003	1.485	181.427	53.881
Pair 17, UDP	11.080	4.462	43.103	1.472	45.128	13.287

Tabla 4-27 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP TEXT

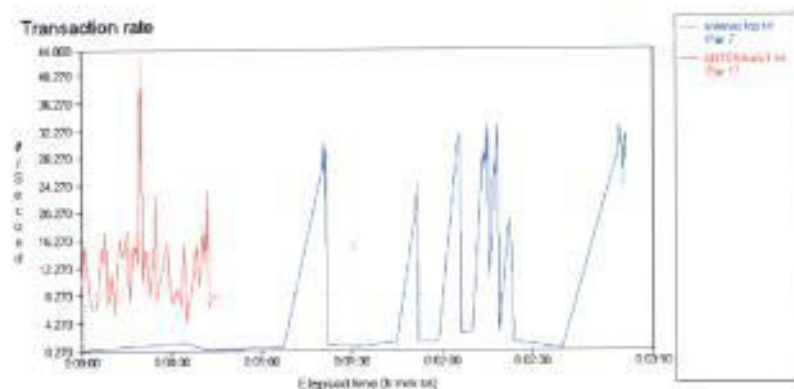


Gráfico 4-27 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP TEXT

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 7, TCP	0.363	0.030	3.466	0.196	181.427	53.881
Pair 17, UDP	0.090	0.023	0.224	0.012	45.128	13.287

Tabla 4-28 Response Time en el escenario de prueba HTTP TEXT

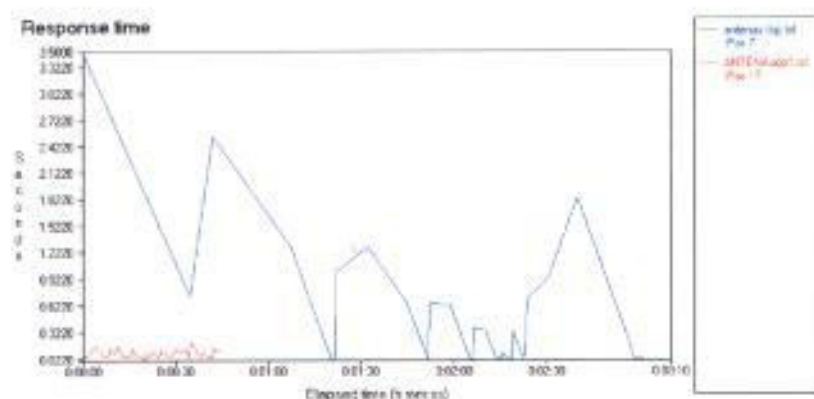


Gráfico 4-28 Response Time en el escenario de prueba HTTP TEXT

- HTTP GIF

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 6, TCP	0.100	0.011	0.850	0.045	413.860	45.654
Pair 2, UDP	0.894	0.587	1.046	0.028	46.064	3.117

Tabla 4-29 Throughput en el escenario de prueba HTTP GIF

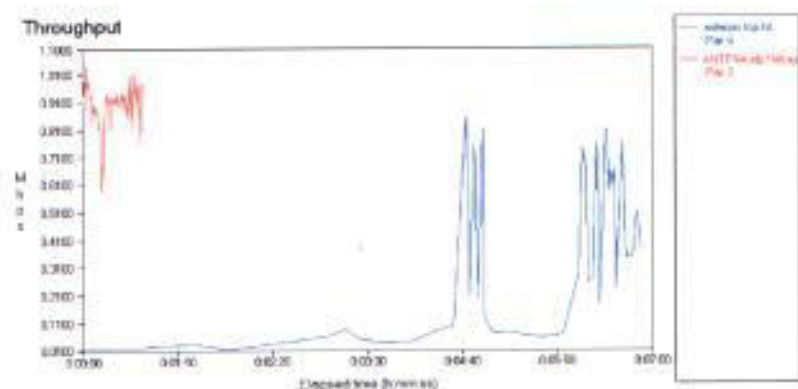


Gráfico 4-29 Throughput en el escenario de prueba HTTP GIF

o *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 6, TCP	1.208	0.136	10.320	0.552	413.860	45.654
Pair 2, UDP	10.854	7.128	12.690	0.338	46.064	3.117

Tabla 4-30 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP GIF

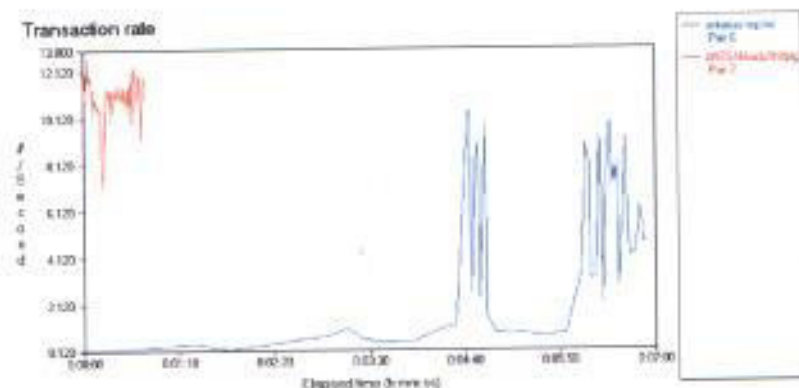


Gráfico 4-30 Transaction Rate en el escenario de prueba HTTP GIF

o *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 6, TCP	0.828	0.097	7.361	0.378	413.860	45.654
Pair 2, UDP	0.092	0.079	0.140	0.003	46.064	3.117

Gráfico 4-31 Response Time en el escenario de prueba HTTP GIF

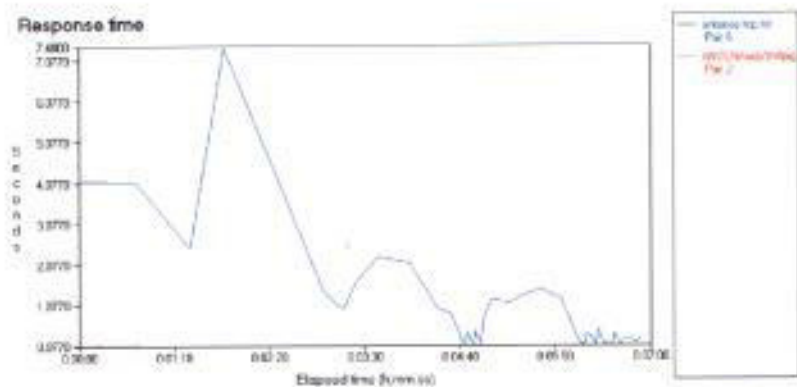


Gráfico 4-32 Response Time en el escenario de prueba HTTP GIF

- POP3

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Mínimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 8, TCP	0.011	0.003	0.045	0.003	198.836	28.300
Pair 18, UDP	0.030	0.012	0.131	0.004	73.368	13.389

Tabla 4-31 Throughput en el escenario de prueba POP3

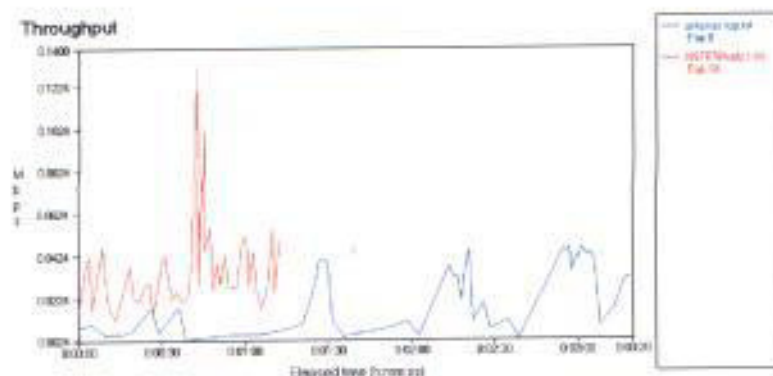


Gráfico 4-33 Throughput en el escenario de prueba POP3

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 8, TCP	1.257	0.285	5.112	0.356	198.836	28.300
Pair 18, UDP	3.407	1.322	14.749	0.456	73.368	13.389

Tabla 4-32 Transaction Rate en el escenario de prueba POP3

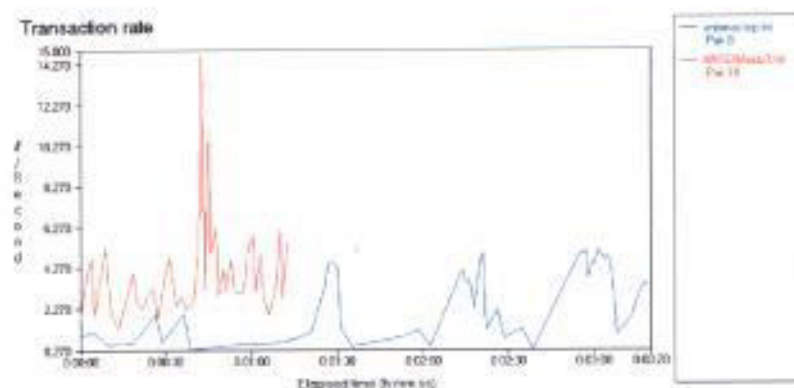


Gráfico 4-34 Transaction Rate en el escenario de prueba POP3

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 8, TCP	0.795	0.196	3.508	0.225	198.836	28.300
Pair 18, UDP	0.293	0.068	0.756	0.039	73.368	13.389

Tabla 4-33 Response Time en el escenario de prueba POP3

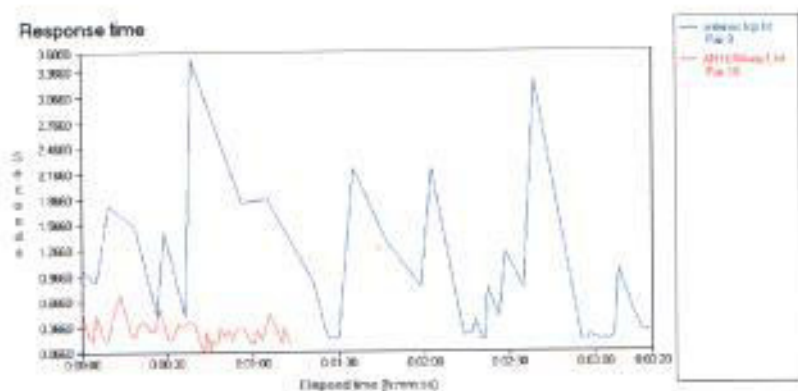


Gráfico 4-35 Response Time en el escenario de prueba POP3

- SMTP

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 9, TCP	0.006	0.000	0.047	0.004	419.503	60.047
Pair 19, UDP	0.025	0.008	0.149	0.005	101.456	18.772

Tabla 4-34 Throughput en el escenario de prueba SMTP

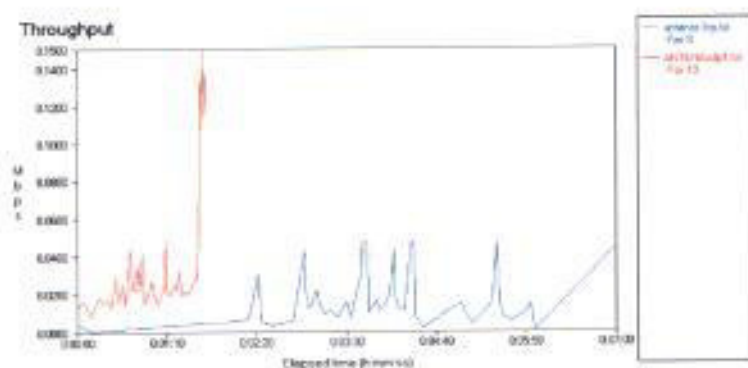


Gráfico 4-36 Throughput en el escenario de prueba SMTP

o *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 9 TCP	0.596	0.044	4.583	0.358	419.503	60.047
Pair 19 UDP	2.464	0.740	14.451	0.463	101.456	18.772

Tabla 4- 35 Transaction Rate en el escenario de prueba SMTP

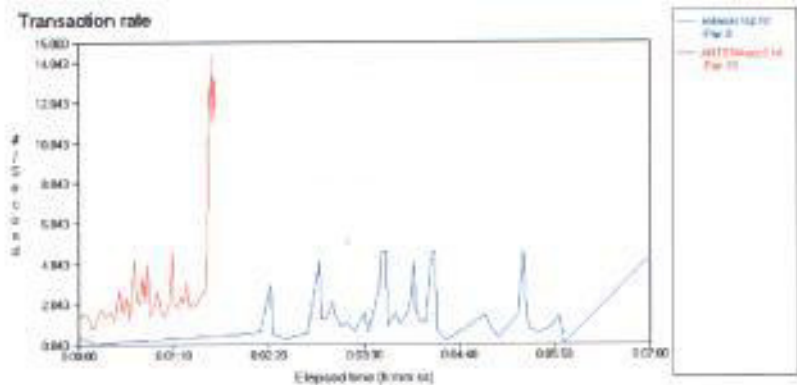


Gráfico 4-37 Transaction Rate en el escenario de prueba SMTP

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 9 TCP	1.678	0.218	22.520	1.008	419.503	60.047
Pair 19 UDP	0.406	0.069	1.352	0.076	101.456	18.772

Tabla 4-36 Response Time en el escenario de prueba SMTP

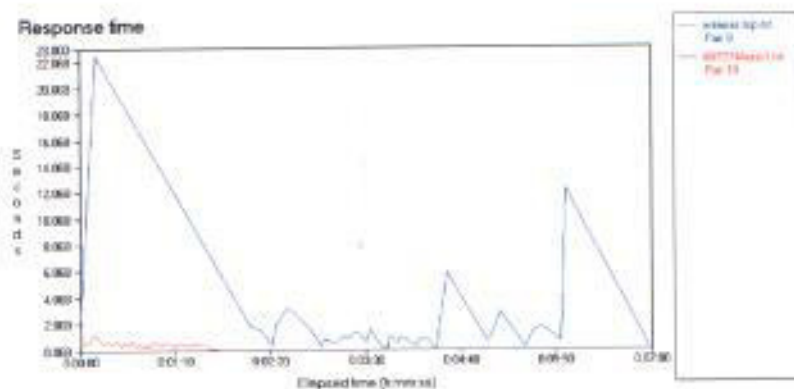


Gráfico 4-38 Response Time en el escenario de prueba SMTP

- FTP PUT

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 5 TCP	0.486	0.017	1.292	0.274	164.804	56.416
Pair 2 UDP	0.818	0.554	0.958	0.016	97.888	2.013

Tabla 4-37 Throughput en el escenario de prueba FTP PUT

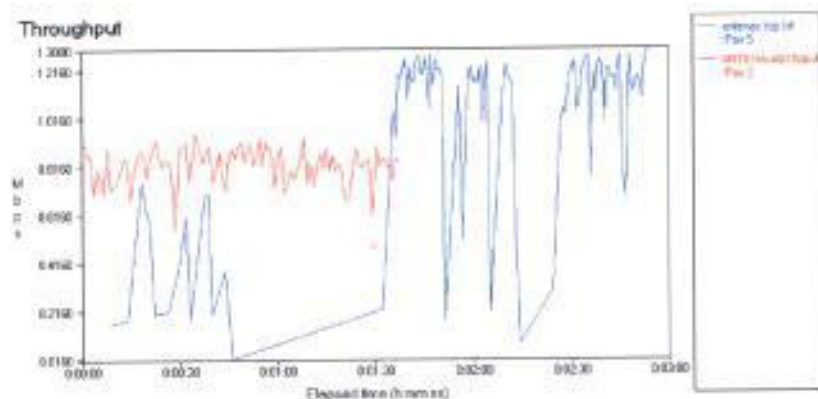


Gráfico 4-39 Throughput en el escenario de prueba FTP PUT

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 5 TCP	0.607	0.022	1.613	0.342	164.804	56.416
Pair 2 UDP	1.022	0.691	1.196	0.021	97.888	2.013

Tabla 4-38 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP PUT

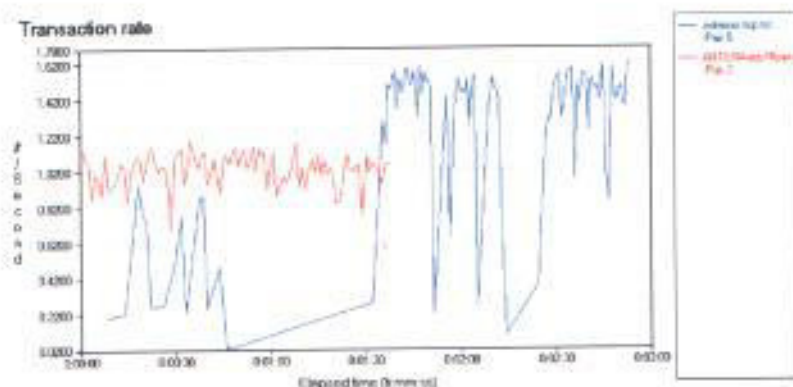


Gráfico 4-40 Transaction Rate en el escenario de prueba

FTP PUT

○ Response Time

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 5 TCP	1.648	0.620	46.018	0.930	164.804	56.416
Pair 2 UDP	0.979	0.836	1.447	0.020	97.888	2.013

Tabla 4-39 Response Time en el escenario de prueba

FTP PUT

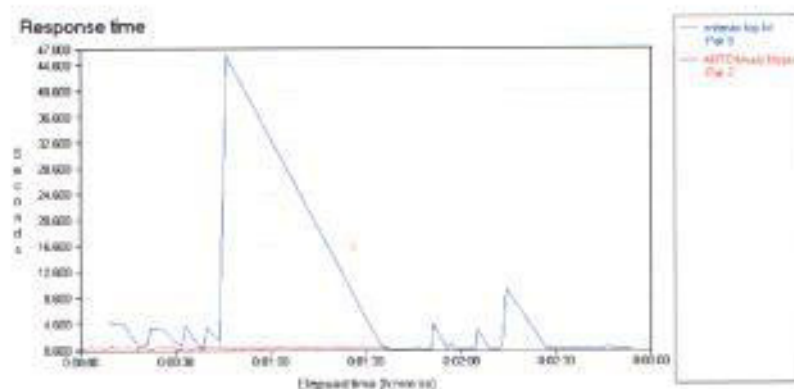


Gráfico 4-41 Response Time en el escenario de prueba FTP PUT

- FTP GET

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 4 TCP	0.312	0.027	1.344	0.115	256.441	36.959
Pair 2 UDP	0.807	0.567	0.941	0.018	99.290	2.241

Tabla 4-40 Throughput en el escenario de prueba FTP GET

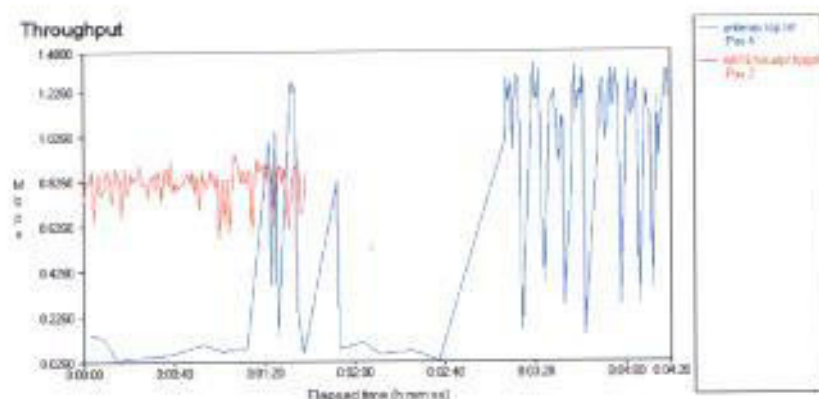


Gráfico 4-42 Throughput en el escenario de prueba FTP GET

○ *Transaction Rate*

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 4 TCP	0.390	0.034	1.678	0.144	256.441	36.959
Pair 2 UDP	1.007	0.708	1.175	0.023	99.290	2.241

Tabla 4-41 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP GET

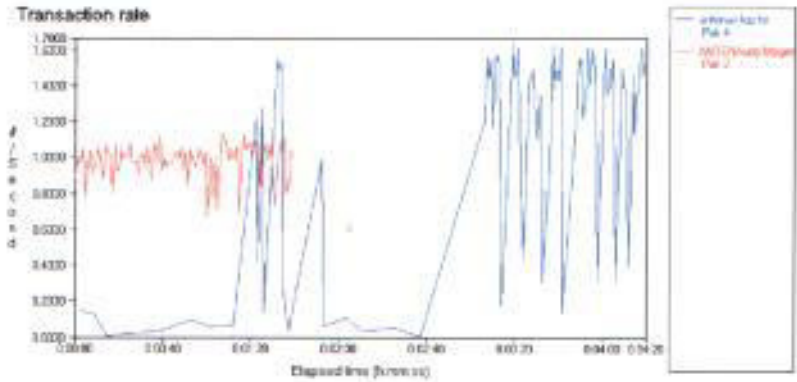


Gráfico 4-43 Transaction Rate en el escenario de prueba FTP GET

○ Response Time

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Pair 4 TCP	2.564	0.596	29.147	0.948	256.441	36.959
Pair 2 UDP	0.993	0.851	1.412	0.022	99.290	2.241

Tabla 4-42 Response Time en el escenario de prueba FTP GET

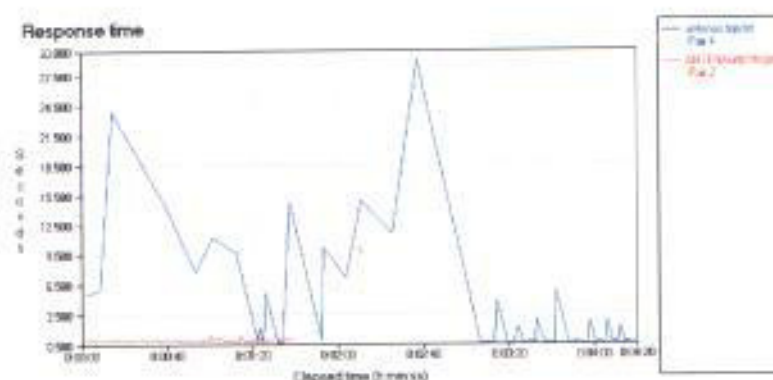


Gráfico 4-44 Response Time en el escenario de prueba FTP GET

Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos en las pruebas hechas sobre los prototipos implementados en el edificio 37 se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Ninguna de las pruebas realizadas perdió la conexión en ningún momento.
- Los transmisión de paquetes mas pequeños tienen tiempo de respuestas promedios menores que los tiempos promedios de los paquetes de tamaño mayor
- El rango del tiempo de respuesta en la red inalámbrica esta entre los valores 0.003 y 0.278 segundos en TCP.

- El rango del tiempo de respuesta en la red inalámbrica esta entre los valores 3 y 425 milisegundos en UDP
- El rango del tiempo de respuesta en el enlace punto a punto esta entre los valores 45 y 993 milisegundos en UDP
- El rango del tiempo de respuesta en el enlace punto a punto esta entre los valores 70 y 2564 milisegundos en TCP.
- El rango del parámetro Throughput en la red inalámbrica esta entre 0.512 y 2.544 Mbps en UDP
- El rango del parámetro Throughput en la red inalámbrica esta entre 0.045 y 3.290 Mbps en TCP
- El rango del parámetro Throughput en el enlace punto a punto esta entre 0.025 y 0.894 Mbps en UDP
- El rango del parámetro Throughput en el enlace punto a punto esta entre 0.006 y 0.486 Mbps en TCP
- El rango del parámetro Transaction Rate en la red inalámbrica esta entre 2.354 y 343.784 transacciones/segundos en UDP
- El rango del parámetro Transaction Rate en la red inalámbrica esta entre 3.594 y 351.519 transacciones/segundos en TCP
- El rango del parámetro Transaction Rate en el enlace punto a punto esta entre 1.007 y 22.038 transacciones/segundos en UDP

- El rango del parámetro Transaction Rate en el enlace punto a punto esta entre 0.390 y 14.321 transacciones/segundos en TCP

A continuación el resumen de todo los tiempos en cada uno de los escenarios de pruebas.

	PRUEBA	THROUGHPUT (Mbps)		TRANSACTION RATE		RESPONSE TIME(SEG)	
		TCP	UDP	TCP	UDP	TCP	UDP
WLAN	DNS	0.509	0.52	351.519	343.784	0.003	0.003
	HTTP-TEXT	0.804	1.292	77.292	124.193	0.013	0.008
	HTTP-GIF	1.772	2.544	21.5	30.878	0.047	0.032
	POP3	0.045	0.79	5.005	88.778	0.2	0.11
	SMTP	0.047	0.512	4.531	49.583	0.221	0.02
	FTP-PUT	2.88	2.017	3.594	2.517	0.278	0.397
	FTP-GET	3.29	1.886	4.106	2.354	0.244	0.425
Enlace Pto	DNS	0.021	0.033	14.321	22.038	0.07	0.045
	HTTP-TEXT	0.029	0.115	2.756	11.08	0.363	0.09
	HTTP-GIF	0.1	0.894	1.208	10.854	0.828	0.092
	POP3	0.011	0.03	1.257	3.407	0.795	0.293
	SMTP	0.006	0.025	0.596	2.464	1.678	0.406
	FTP-PUT	0.486	0.818	0.607	1.022	1.648	0.979
	FTP-GET	0.312	0.807	0.39	1.007	2.564	0.993

Tabla 4- 43 Resumen de valores de la pruebas realizadas

4.3. Comparación de datos con una red tradicional

Datos de clientes convencionales e inalámbricos

- Red Inalámbrica
 - *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Wireless						
Pair 26 TCP	0.010	0.004	0.061	0.002	205.895	16.376
Pair 28 UDP	0.010	0.004	0.066	0.002	196.432	21.318
Pc						
Pair 13 TCP	0.080	0.033	0.149	0.021	7.481	26.410
Pair 14 UDP	0.018	0.012	0.030	0.021	6.526	112.286

Tabla 4-44 Datos de la prueba Throughput

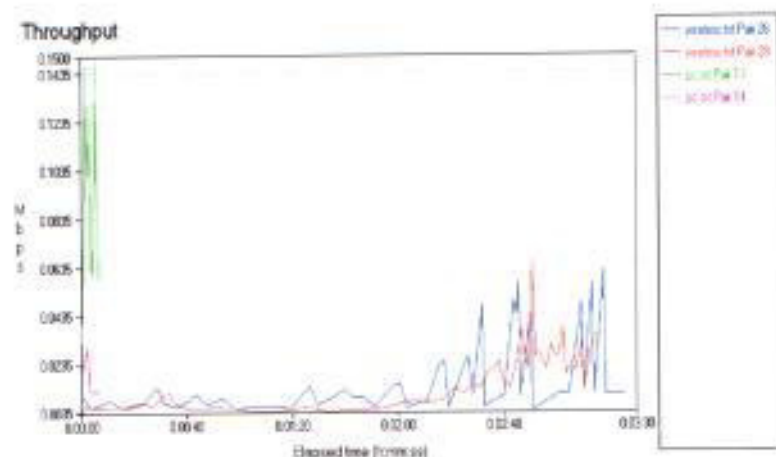


Gráfico 4-45 Comportamiento del parámetro Throughput

○ *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
Wireless						
Pair 26 TCP	0.16472	0.02608	0.39184	0.027	205.895	16.376
Pair 28 UDP	0.15715	0.02428	0.43528	0.034	196.432	21.318
pc						
Pair 13 TCP	0.01995	0.01072	0.04840	0.005	7.481	26.410
Pair 14 UDP	0.08701	0.05284	0.13000	0.098	6.526	112.286

Tabla 4-45 Datos de la prueba de Response Time

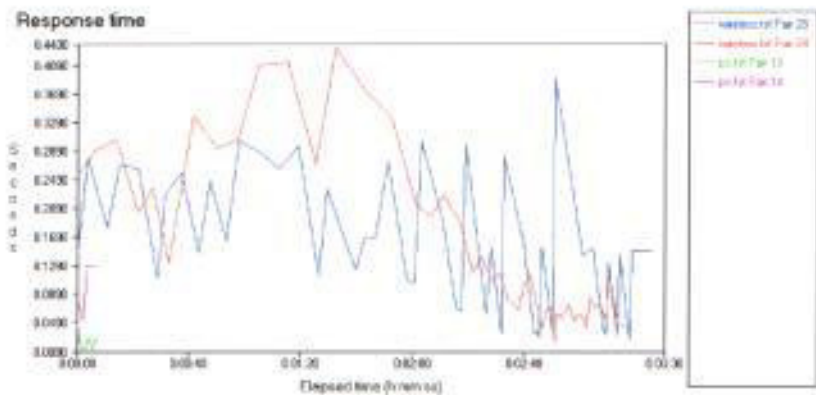


Gráfico 4-46 Comportamiento del parámetro Response Time

○ Transaction Rate

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
wireless						
Pair 26 TCP	6.071	2.552	38.344	0.994	205.895	16.376
Pair 28 UDP	6.364	2.297	41.186	1.357	196.432	21.318
pc.tst						
Pair 13 TCP	50.127	20.661	93.284	13.239	7.481	26.410
Pair 14 UDP	11.492	7.692	18.925	12.904	6.526	112.286

Tabla 4-46 Datos de la prueba de Transaction Rate

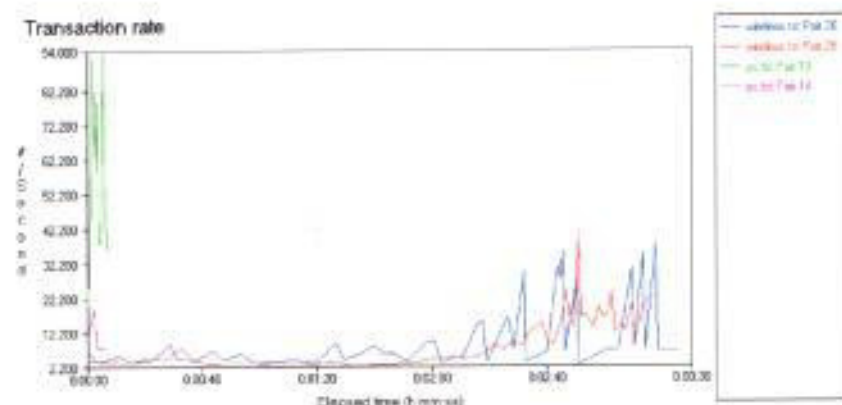


Gráfico 4-47 Comportamiento del parámetro

Transaction Rate

- **Enlace punto a punto**

- *Throughput*

	Promedio (Mbps)	Minimo (Mbps)	Máximo (Mbps)	Throughput 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
antena						
Pair 1 UDP	0.023	0.006	0.222	0.005	176.551	24.227
Pair 11 TCP	0.035	0.013	0.195	0.008	113.869	22.394
enlace de fibra						
Pair 1 UDP	0.049	0.028	0.289	0.009	80.965	17.793
Pair 11 TCP	0.048	0.026	0.200	0.009	83.391	18.384

Tabla 4-47 Datos de la prueba Throughput

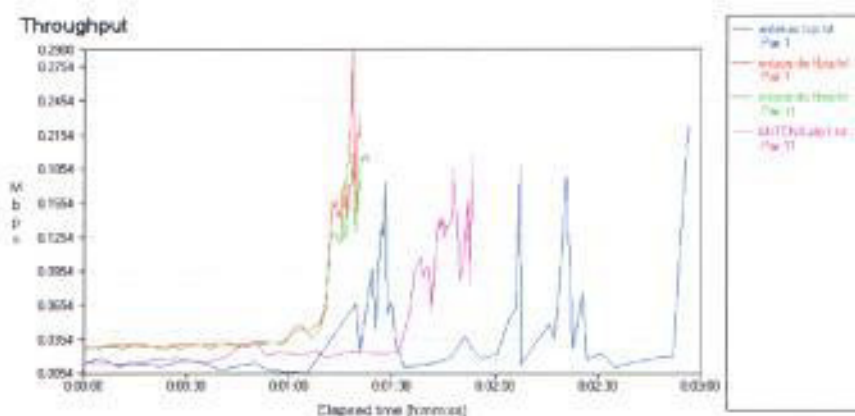


Gráfico 4-48 Comportamiento del parámetro Throughput

- *Response Time*

	Response Time Promedio	Response Time Mínimo	Response Time Máximo	Response Time 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
antenas						
Pair 1 TCP	0.071	0.007	0.286	0.017	176.551	24.227
Pair 11 UDP	0.046	0.008	0.123	0.010	113.869	22.394
enlace de fibra						
Pair 1 TCP	0.032	0.006	0.056	0.006	80.965	17.793
Pair 11 UDP	0.033	0.008	0.063	0.006	83.391	18.384

Tabla 4-48 Datos de la prueba de Response Time

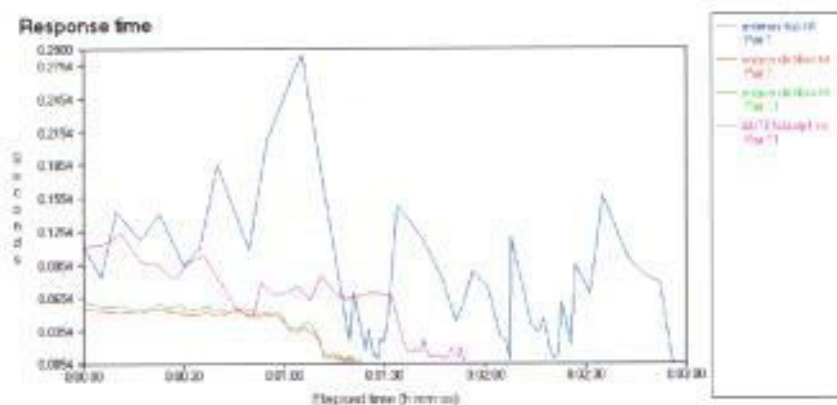


Gráfico 4- 49 Comportamiento del parámetro Response Time

○ Transaction Rate

	Transaction Rate Promedio (#/seg)	Transaction Rate Mínimo (#/seg)	Transaction Rate Máximo (#/seg)	Transaction Rate 95% Confidence Interval	Measured Time (secs)	Relative Precision
antenas						
Pair 1 TCP	14.160	3.500	138.504	3.431	176.551	24.227
Pair 11 UDP	21.955	8.114	121.951	4.917	113.869	22.394
enlace de fibra						
Pair 1 TCP	30.878	17.794	180.505	5.494	80.965	17.793
Pair 11 UDP	29.979	15.985	124.688	5.511	83.391	18.384

Tabla 4-49 Datos de la prueba de Transaction Rate

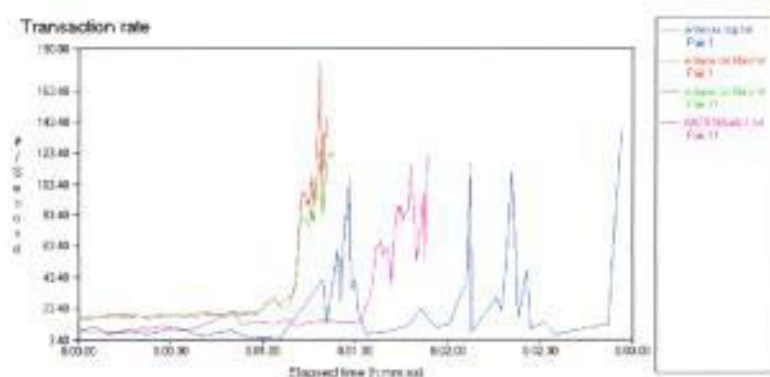


Gráfico 4-50 Comportamiento del parámetro Transaction Rate

Análisis de los resultados

El cliente convencional y el cliente inalámbrico tienen ventajas y desventajas que se deben tomar en cuenta cuando se escoga una solución para la interconexión. A continuación se describirá en el escenario de prueba de red inalámbrica y en el escenario de prueba enlace punto a punto las ventajas y desventajas de usar cada tecnología.

El escenario de red tradicional consiste en conectar varias computadoras. Los clientes tradicionales se conectan mediante cable y los clientes inalámbricos se conectan usando ondas de radio. A continuación se describe las ventajas y desventajas de usar cada una de las tecnologías.

Cliente Tradicional

- Ventajas
 - El tiempo de respuesta es pequeño en el orden de milisegundos

- El *Throughput* mayor en relación al cliente inalámbrico como se puede observar en la tabla 4-44 y el gráfico 4-45.
- Desventajas
 - El tiempo de instalación de los equipos es mayor y mas complejo porque deben seguir las normas del cableado estructurado.
 - No es muy flexible ni escalable porque depende directamente de la cantidad de puntos de datos instalados.

Cliente Inalámbrico

- Ventajas
 - El tiempo de instalación de los equipos inalámbricos es menor porque solo se necesita el *Access Point* para generar la celda inalámbrica
 - La escalabilidad y la flexibilidad del ambiente permite añadir usuarios/clientes sin problema dentro de la cobertura de la celda.
- Desventajas

- La tecnología inalámbrica tiene problemas de interferencia originados por obstáculos y fuentes de radio como microondas
- Las velocidades de los clientes inalámbricos no igualan a las velocidades de los clientes tradicionales
- Los costos de los equipos inalámbricos son mayores pero no se considera como una gran desventaja

Como se puede observar de las ventajas y desventajas del cliente tradicional y del cliente inalámbrico descritas anteriormente, se puede concluir las siguientes cosas:

- El cliente tradicional se lo usa en ambientes en los cuales se necesita tiempo de respuestas bajos. También se lo debería usar en ambientes donde el número de usuarios móviles sea bajo.
- El cliente inalámbrico se lo usa en ambientes en los cuales se necesita la flexibilidad y escalabilidad de usuarios; es decir, permitir la movilidad de los clientes principalmente para usuarios con computadoras portátiles.

El escenario de enlace entre dos o mas puntos consiste en interconectar edificios que tienen su propia red interna. Los clientes tradicionales se conectan mediante cable usualmente fibra óptica y los clientes inalámbricos se conectan usando antenas que transmiten la señal de radio a grandes distancias. A continuación se describe las ventajas y desventajas de usar cada una de estas tecnologías.

Cliente Tradicional

- Ventajas
 - El tiempo de respuesta es menor en comparación al tiempo de respuesta del cliente inalámbrico.
 - El *Throughput* es mayor en relación al cliente inalámbrico
- Desventajas
 - El tiempo de instalación es alto porque deben encontrar rutas físicas o construir dichas rutas para pasar el cable UTP o fibra óptica.

- El costo es directamente proporcional a la distancia entre los dos puntos, a mayor distancia el costo se elevará.

Cliente Inalámbrico

- Ventajas
 - El costo de equipos es menor que el cliente tradicional cuando son grandes distancias entre los dos puntos.
 - El tiempo de instalación es menor al tiempo que necesita el cliente tradicional porque no necesita un camino físico entre los dos puntos, sólo necesita tener línea de vista
- Desventajas
 - Los tiempos de respuestas son mayores que la tecnología que usa el cliente tradicional
 - El cliente inalámbrico es propenso a las interferencias causado por los obstáculos como los árboles.

Como se puede observar de las ventajas y desventajas del cliente tradicional y del cliente inalámbrico descritas anteriormente, se puede concluir las siguientes cosas:

- El cliente tradicional se debería usar cuando en escenarios que el tiempo de respuesta es primordial como aplicaciones de tiempo real, videoconferencias, transmisión de video a través de una intranet, etc.
- El cliente inalámbrico se debería para conexiones entre edificios que no exista una ruta física para la interconexión. También, se lo debería usar cuando la conectividad es más importante que el tiempo de respuesta como sería conectar un edificio que tiene habitaciones para estudiantes

CAPITULO CINCO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del análisis, diseño e implementación del prototipo implementado en el campus Gustavo Galindo, se pueden emitir las siguientes conclusiones y recomendaciones:

1. Las redes inalámbricas que usan radio tienen un ancho de banda menor a las redes que usan cable como UTP o fibra óptica. También, es cierto que las redes inalámbricas son fáciles de instalar y añaden flexibilidad/movilidad a la infraestructura de las redes. Sin embargo, las redes inalámbricas son eficientes cuando se necesita movilidad y el ancho de banda no es crítico.
2. Los principios de diseño en escenarios tipos CAMPUS recomiendan tener enlaces redundantes en las rutas críticas. El backbone interno de la

ESPOL, desde el punto de vista físico, no tiene enlaces redundantes. Se propone como solución instalar un nodo central inalámbrico en CESERCOMP o en el edificio del Rectorado y en las rutas críticas instalar nodos remotos inalámbricos. Esta solución serviría de dos formas: a) eliminaría la falta de enlaces redundantes y b) permitiría balancear la carga de tráfico entre los enlaces.

3. Al finalizar esta tesis hay nuevos estándares que deben tomarse en cuenta para futuras implementaciones. El estándar 802.11a permite conectarse hasta 54 Mbps y funciona en la frecuencia 5 Ghz UNII. Las desventajas de este del estándar son: 1) No permite conectarse a equipos que usan 802.11b, porque usan otra frecuencia (2.4Ghz), 2) Su rango de cobertura es menor al estándar 802.11b y 3) El costo de los equipos es mayor. El estándar 802.11g funciona de la misma manera que el estándar 802.11a pero si permite la conexión de dispositivos que usan 802.11b.
4. Las redes de computadoras son vulnerables a los ataques informáticos y la mayoría de estos ataques provienen de los usuarios internos. En una red inalámbrica los ataques son más factibles porque el "hacker" puede estar en cualquier parte de la cobertura de la red; incluso, podría estar afuera del edificio. No existen redes inexpugnables pero se debe tomar

la mayor cantidad de medidas de seguridad para que no sean tan factibles dichos ataques. Algunas recomendaciones para mantener una red inalámbrica segura son las siguientes:

- a. Examinar la cobertura de la red inalámbrica. Este punto es muy importante porque la mayoría de las veces puede sorprendernos hasta donde puede llegar la señal.
- b. No usar nombre descriptivos, ni el nombre por "default" del fabricante en el *Access Point*. Un atacante o "hacker" puede encontrar fácilmente esa información usando cualquier "sniffer" como por ejemplo NetStumbler. Luego de encontrar esa información el atacante tiene dos opciones: 1) encontrar la ubicación física del dispositivo y 2) conocer la marca y el modelo del *Access Point* para buscar la clave de administración por "default" o "bugs" del hardware/firmware.
- c. Usar encriptación WEP (*Wired Equivalent Privacy*). A pesar de que existen formas de romper la encriptación usada por WEP, es una medida de seguridad que debe ser tomada en cuenta.
- d. Seguridad usando filtros de direcciones MAC. El filtro de las direcciones MAC es uno de los métodos más eficientes para tener segura una red. El problema resultaría si a alguien le roban una

tarjeta inalámbrica con permisos y no notifica al administrador.

También, existen tarjetas que pueden simular direcciones MAC.

- e. Autenticación de usuarios usando RADIUS. La autenticación de usuarios es el punto más vulnerable en una red inalámbrica. El estándar 802.11 no especifica ningún método para realizarlo. Se recomienda tener un servidor de autenticación. El servidor se encontraría entre los clientes inalámbricos y el acceso a la red. Una característica importante, al tener un servidor RADIUS, es el registro de actividades del usuario.
- f. Utilizar switches en lugar de hubs. Los hubs realizan *broadcast* de paquetes por lo que cierta información puede ser fácilmente interceptada como las direcciones IP o las claves. Mientras que el switch segmenta la red evitando el broadcast generado por el hub.
- g. Delimitar la red inalámbrica. La red inalámbrica debería estar separada de la red pública (Internet) porque los usuarios podrían ser objetivo de ataques. Un *firewall* ubicado entre las dos redes es una forma eficiente de proveer seguridad a los usuarios internos.

- 5. El estándar 802.11 se usa principalmente para redes inalámbricas de computadoras. Existen otros tipos de tecnología inalámbrica como

bluetooth y la comunicación celular como CDMA o GSM. Bluetooth y la comunicación celular se usan para la comunicación de dispositivos móviles que usan batería o pilas como los teléfonos celulares y PDA (*Personal Data Asistent*). A medida que transcurre el tiempo, las velocidades de estas tecnologías están aumentando pero no van a sustituir el estándar 802.11. Estas tecnologías definen su uso en dispositivos que no están conectados a la energía eléctrica y necesitan el mínimo consumo de la batería.

6. La red inalámbrica dentro del campus Gustavo Galindo generará varios beneficios para la comunidad politécnica. Algunos beneficios que se obtendría son los siguientes:
 - a. Resolver el problema de los laboratorios insuficientes para los estudiantes. La cantidad de laboratorios dentro de la ESPOL son insuficientes para la cantidad de estudiantes. Al tener todo el campus "conectado" usando equipos de redes inalámbricos se implementaría un laboratorio. Este laboratorio no tendría elevados gastos de adquisición y mantenimiento de computadoras. Otro beneficio es los estudiantes podrían acceder a Internet en cualquier parte dentro de la cobertura de la red o laboratorio sin necesidad de estar conectado usando cable.

- b. Explotar la nueva infraestructura con aplicaciones móviles. Una tendencia actual del mercado de servicios es obtener información crítica en cualquier lugar donde me encuentre. La infraestructura inalámbrica permitiría investigar y desarrollar aplicaciones móviles que pueden ser útiles para los usuarios internos de la ESPOL. Un ejemplo en concreto es el proyecto *Mobile Office* que permite acceder a la computadora remota usando un PDA.
- c. Imagen tecnológica. La ESPOL ganaría prestigio al tener un campus inalámbrico y demostraría que esta usando tecnología de punto para beneficio de la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 39-41
- [2] "Enabling the Wireless Internet". Openwave System. Enero 2000. Nasdaq. Marzo 2000 <<http://developer.openwave.com/support/techlib.html>>
- [3] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 24-26.
- [4] IEC: Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals. International Engineering Consortium. 25 Sep. 2002.
<http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic01.html?Next.x=37&Next.y=3>

- [5] Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002.
<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [6] Lammle, Todd; Donald Porter y James Chellis. CCDA Cisco Certified Design Associate. USA: Sybex, 2000. 43-44
- [7] IEC: Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals. International Engineering Consortium. 25 Sep. 2002.
<http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic10.html>
- [8] IEC: Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals. International Engineering Consortium. 25 Sep. 2002.
<http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic04.html>
- [9] Gier, Jim. Gráfico 1- 1.12. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 39-41.
- [10] Figura 20-2. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002.
<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [11] Figura 20-3. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002.
<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>

- [12] Figura 20-4. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002. <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [13] Figura 20-7. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002. <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [14] Figura 20-8. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002. <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [15] Figura 20-6. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002. <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [16] Figura 20-5. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002. <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [17] Figura 20-11. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002. <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>

- [18] Figura 20-12. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002.
<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [19] Figura 20-13. Asynchronous Transfer Mode (ATM) Switching. Cisco Systems. 25 Sep. 2002.
<http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/atm.htm>
- [20] Figura 8. IEC: Asynchronous Transfer Mode (ATM) Fundamentals. International Engineering Consortium. 25 Sep. 2002.
<http://www.iec.org/online/tutorials/atm_fund/topic10.html>
- [21] Hidalgo, Juan Pablo. Ayudante de Redes. CESERCOMP. Entrevista Personal, Marzo 2002
- [22] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 27-29.
- [23] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 30-32.
- [24] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 24-26.

- [25] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 69-74.
- [26] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 32-34.
- [27] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 75-90.
- [28] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 65-69.
- [29] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 69-71.
- [30] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 46-58.
- [31] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 58-61.
- [32] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 62-63.

- [33] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 29-39.
- [34] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 160.
- [35] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 164-175.
- [36] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 175-183.
- [37] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 129-130.
- [38] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 130-137.
- [39] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 137-138.
- [40] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 138-141.
- [41] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 8-14

- [42] "Students at Japan's Keio University Can Go Online Anytime, Anywhere, With WaveLAN® Wireless Solution". Lucent Technologies, Bell Labs Innovations. 1998. 2-Oct-2002. <<http://www.orinocowireless.com>>
- [43] "Wireless Andres History". Computing Services. Carnegie Mellon University. 12-Sept-2002. 2-Oct-2002.
<<http://www.cmu.edu/computing/wireless/wirelesshistory.html>>
- [44] "CityU Establishes Hong Kong's Largest e-Campus". Lucent Technologies, Bell Labs Innovations. 2000. 2-Oct-2002.
<<http://www.orinocowireless.com>>
- [45] Difusión Multimedial Inalámbrica IP. 18-Dic-2000. REUNA (Red Universitaria Nacional). 2-Oct-2002 <<http://inalambrico.reuna.cl>>
- [46] Cook III, John L. WAP Servlet. USA: John Wiley & Sons, Inc: 2001. 16-17.
- [47] Cook III, John L. WAP Servlet. USA: John Wiley & Sons, Inc: 2001. 17-20.
- [48] IEC: Wireless Application Protocol (WAP). International Engineering Consortium. 4-Oct-2002.
<<http://www.iec.org/online/tutorials/wap/topic05.html?Next.x=44&Next.y=18>>

- [49] Ames, Daniel; Cesar Viera. Gráfico 2- G6. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [50] Ames, Daniel; Cesar Viera. Gráfico 2- G7. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [51] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.15. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [52] Figura 1-8. WavePoint-II, Getting Started. Holanda: Lucent Technologies Nederland B. V., 1998.
- [53] Figura 2-3. WaveManager Office Router, User's Guide. Lucent Technologies Inc, Abril-2000.
- [54] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.16. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [55] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.9. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [56] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.10. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [57] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.12. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999

- [58] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.11. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [59] Gier, Jim. Gráfico 2- 2.13. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [60] Gier, Jim. Gráfico 2- 1.9. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [61] Gier, Jim. Gráfico 2- 1.10. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [62] Gier, Jim. Gráfico 2- 1.11. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [63] Gier, Jim. Gráfico 2- 3.3. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999
- [64] Figura 1. "What is a WAP Gateway?". WAP Drive. 2-Oct-2002.
http://www.wapdrive.com/DOCS/wap_gateway/wap_gateway_free_info.htm
 >
- [65] Lewin, James. Figura 1. "Converting application to wireless".
DevelopersWorks. Mayo-2001. IBM Inc. 2-Oct-2002 < <http://www-106.ibm.com/developerworks/wireless/library/wi-wapapp>>

- [66] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tabla T1. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [67] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tabla T2. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [68] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tabla T6. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [69] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tabla T11. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [70] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tabla T3. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001.
- [71] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 282-286.
- [72] Certified Wireless Network Administrator, Official Study Guide. USA: Planet3 Wireless, 2002. 72-79.

- [73] Certified Wireless Network Administrator, Official Study Guide. USA: Planet3 Wireless, 2002. 79-84.
- [74] Certified Wireless Network Administrator, Official Study Guide. USA: Planet3 Wireless, 2002. 84-85.
- [75] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 287.
- [76] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 288-290.
- [77] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 291-295.
- [78] Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 295.
- [79] Symbol Technologies-Manufactured Devices. ZDNet. 15 Feb. 2001. 1 Ene. 2002. <<http://www.zdnet.com/filters/printerfriendly/0,6061,2685489-3,00.html>>
- [80] Lucent Orinoco AP-1000. ZDNet. 19 Feb. 2001. 1 Ene. 2002. <<http://www.zdnet.com/filters/printerfriendly/0,6061,2682133-3,00.html>>
- [81] Ames, Daniel; Cesar Viera. Tesis de Grado: Plan de Migración a Telefonía IP en la ESPOL: Análisis de Factibilidad, Aplicación y Beneficios. Guayaquil, Ecuador, 2001. 312

- [82] Nuñez, Neil. Ayudante de Redes. CESERCOMP. Entrevista Personal, Marzo 2002
- [83] Figura 4.2. Certified Wireless Network Administrator, Official Study Guide. USA: Planet3 Wireless, 2002. 73.
- [84] Figura 4.7. Certified Wireless Network Administrator, Official Study Guide. USA: Planet3 Wireless, 2002. 80.
- [85] Figura 4.11. Certified Wireless Network Administrator, Official Study Guide. USA: Planet3 Wireless, 2002. 85.
- [86] <http://cache.bizrate.com/computer/medium/6/l28356.jpg>
- [87] <http://www.maxiis.com/CiscoAccessPoint.gif>
- [88] <http://www.storecommerce.net/prodimages/848558235.jpg>
- [89] Gráfico 1. Brochure del producto Ericsson Access Point A11. pág. 1
- [90] http://www.act.avnet.com/products/images/h_2011_access.gif
- [91] Gráfico 1. Brochure del producto MobileLAN Access 2102. pág. 1
- [92] <http://www.cuzcoit.com/wireless/img/router.jpg>
- [93] http://64.95.118.51/images/opti/b7/55/133524-elec_lg-resized200.jpg
- [94] <http://www.hodgeshill.com/images/cisco.jpg>
- [95] Tabla 8.1. Geier, Jim. Wireless LANs, Implementing Interoperable Networks. USA: Macmillan Technical Publishing, 1999. 288.
- [96] Brochure del producto ORINOCO Outdoor Router System. Pág. 2

- [97] Hidalgo, Juan Pablo. Ayudante de Redes. CESERCOMP. Entrevista Personal, Marzo 2002
- [98] Lammle, Todd; Donald Porter y James Chellis. CCDA Cisco Certified Design Associate. USA: Sybex, 2000. 363.
- [99] Ayuda del software NetIQ Chariot <<http://www.netiq.com>>