



EFFECTO DEL VOLUMEN DE TRÁFICO SOBRE EL RETARDO ENTRE PROTOCOLOS UDP/IP/IEEE-802.3AB Y UDP/IP/IEEE-802.11G

(Effect of traffic volume on the delay between UDP/IP/IEEE-802.3AB and
UDP/IP/IEEE-802.11G protocols)

Recibido: 08/04/2011 Aceptado: 06/06/2011

Alburguez, Benjamín

Universidad Rafael Belloso Chac n (URBE), Venezuela.

benjamin.alburguez@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo estuvo orientado a evaluar el efecto del volumen de tráfico sobre el retardo producido en el intercambio de datos entre los protocolos UDP/IP/IEEE-802.3AB y UDP/IP/IEEE-802.11G. El tipo de investigación fue explicativa, el diseño fue experimental de campo. Se utilizó como técnica la observación directa a través de fichas técnicas que permitieron el registro y clasificación de los datos obtenidos. Para el experimento se establecieron dos escenarios: el primero, realizando un enlace desde un computador a otro a través de UDP/IP/IEEE-802.3AB; y el segundo desde un PC bajo UDP/IP/IEEE-802.3AB a otro trabajando sobre UDP/IP/IEEE-802.11G. Se obtuvo datos de retardo y retardo por unidad, demostrándose que el volumen de tráfico no tiene efecto sobre el retardo durante el intercambio de protocolos. Para modelar y suavizar las curvas generadas se implemento el método de mínimos cuadrados.

Palabras claves: Volumen de Tr fico, Retardo, Protocolos de Interconexi n.

ABSTRACT

This research was oriented to evaluate the effect of traffic volume on the delay produced during the data interchange between UDP/IP/IEEE-802.3AB and UDP/IP/IEEE-802.11G protocols. The investigation was explanatory with a field experimental design. The direct observation technique was applied through technical sheets that allow the registration of the obtained data. Two scenarios were established for the experiment. The first one included a link between two computers using the UDP/IP/IEEE-802.3AB protocol. The second one used the same computers and established a link between UDP/IP/IEEE-802.3AB and UDP/IP/IEEE-802.11G protocols. Delay and delay per unit data was obtained. Proving that traffic volume has no effect on the delay during protocols exchange. To improve the graphics, the minimum square method was applied.

Keywords: Traffic Volume, Delay, Interconnection Protocols.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la computación y su integración con las telecomunicaciones en la telemática han propiciado el surgimiento de nuevas formas de comunicación que son aceptadas cada vez por más personas. El uso creciente de la tecnología de la información



en la actividad económica ha dado lugar a un incremento sustancial en el número de puestos de trabajo informatizados, con una relación de terminales por empleado que aumenta constantemente en todos los sectores productivos.

Este auge ha motivado el estudio, comprensión y análisis de los distintos sistemas telemáticos, promoviendo siempre la importancia en el diseño de las redes, donde resulta fundamental sacar provecho de todas las capacidades posibles, ya que en la actualidad se demandan aspectos como movilidad y mayores velocidades de transmisión, aunado a los altos costos que pueden representar una fallida planificación de la arquitectura de red.

Con base en lo anterior, la presente investigación tiene como finalidad crear una solución para las redes híbridas a través de la evaluación del efecto del volumen de tráfico sobre el retardo entre protocolos UDP/IP/IEEE-802.3AB y UDP/IP/IEEE-802.11G. Para cumplir con este objetivo es necesario indagar en los requerimientos exigidos por los usuarios de redes cableadas e inalámbricas, así como el estudio exhaustivo de la teoría, tecnología, procedimientos y mecanismos empleados por los protocolos de interconexión de redes anteriormente mencionados.

Resulta necesario citar a Al Safadi (2008), quien concibe al volumen de tráfico como la cantidad de bits que circulan a través de un canal de comunicación de datos. Por otra parte, García (2000) plantea al retardo como el tiempo o lapso necesario para que un paquete de información se transfiera de un lugar a otro.

En cuanto a los protocolos a implementar, Huidobro y Roldan (2004) opinan que la norma IEEE 802.3ab proporciona ventajas, como: fácil migración y altas prestaciones. La única diferencia entre Gigabit Ethernet y sus predecesores es el nivel físico, ya que ha de conseguirse una velocidad de 1Gbps full dúplex. Sin embargo, a partir de la capa de enlace de datos se ofrece la misma visión a las capas más altas.

En el mismo orden, García (2002) define al 802.11g como un estándar que trabaja en la banda de 2,4 Ghz y utiliza la multiplexación OFDM, es compatible con el 802.11b y tiene la capacidad de ofrecer una velocidad doble, es decir, hasta 22Mbps, y llegar incluso a 54Mbps que permiten competir con otros estándares.

Respecto a UDP, Forouzan (2002) considera que éste proporciona una comunicación muy sencilla entre las aplicaciones de dos ordenadores. Al igual que IP, UDP es no orientado a conexión, es decir, no se establece una conexión previa con el otro extremo para transmitir un mensaje UDP por lo tanto no es fiable, ya que los datos pueden duplicarse, dañarse o llegar desordenados al destino.

El aporte de la investigación radica en la vinculación del efecto estudiado con una relación matemática que facilite la tarea de de planificadores de redes de datos evitando errores de diseño que provoquen proyectos fallidos y gastos de presupuesto innecesarios, motivando además a la continua investigación dentro de esta área temática.

METODOLOGÍA

Según Hernández (2000), el propósito del investigador es describir situaciones y



eventos. En este sentido, esta investigación se tipifica como explicativa debido a que se localizó en determinar el efecto del volumen de tráfico sobre el retardo producido en el intercambio de datos entre los protocolos UDP/IP/IEEE-802.3ab y UDP/IP/IEEE-802.11g.

En cuanto al diseño, se define como tipo experimental de campo según lo enunciado por Hernández (2000), ya que se manipular  el tamaño de paquetes de datos para observar el efecto del volumen de tráfico sobre el retardo de la transmisión de datos entre los protocolos UDP/IP/IEEE-802.3ab y UDP/IP/IEEE-802.11g.

En este estudio, para llevar a cabo la recolección de datos se utilizará la técnica de observación directa definida por Hurtado (2000), a través de fichas técnicas que permiten el registro y clasificación de los datos obtenidos. La observación consistirá en utilizar un software y hardware determinado para obtener los valores de las variables básicas (volumen de tráfico y retardo).

Para cumplir con los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, se decidió implementar la metodología desarrollada por Naveda (2009), la cual se divide en cuatro (4) fases que se describirán a continuación.

La primera fase cubre lo referente al diseño y selección de los elementos para escenarios de prueba, los cuales se realizan en función de controlar el volumen de tráfico de manera tal que se pueda observar la transferencia de archivos desde un computador a otro, tomando en cuenta diferentes medios entre las interfaces de los terminales y evaluar el retardo entre los protocolos UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g.

El primer escenario utiliza los protocolos UDP/IP/IEEE 802.3ab en ambos computadores, esto es tomado como referencia para verificar el retardo producido entre PDUs de datos y control con la misma composición. Por otra parte, en el segundo escenario se modificar  el protocolo de la capa de enlace para el segundo computador, del cual se espera un retardo mayor debido a diferencias notables entre los PDUs de datos y control.

Para la selección de los elementos en la implementación de los escenarios de prueba, se creó una matriz de parámetros con respecto al hardware y software. La matriz se valor  con un rango de cero (0) a cien (100) puntos por parámetro, donde el promedio de la suma de los puntos indicará el elemento más idóneo a utilizar.

Entre los parámetros de análisis para hardware y software est n: compatibilidad, disponibilidad, adquisición, simplicidad en la instalación, funcionalidad, flexibilidad de operación, rendimiento, calidad del equipo, costo referencial, licencia y versión. De los elementos a seleccionar a través de las fichas est n por el hardware el punto de acceso para interconexión entre las redes y los equipos a utilizar; por el software están el sistema operativo, el cliente-servidor TFTP y el analizador de protocolos.

La segunda fase abarca el establecimiento de los volúmenes de tráfico para el experimento de la investigación, de modo tal que cumplan con las necesidades y especificaciones de cada uno de los protocolos a utilizar, y así obtener resultados de



mayor precisi  n.

Para la obtenci  n de los archivos se toma la magnitud del valor nominal del archivo en Mbits y se divide entre 8 para transformarlo a bytes con la finalidad de calcular el tama  o de tramas de cada archivo, del mismo modo es necesario dividir el tama  o de bytes entre 558 bytes obteniendo el numero de fragmentos de archivo, el cual es redondeado hacia arriba para obtener un n  mero entero.

Ahora bien, luego de obtener el n  mero de fragmentos de archivo redondeado, el mismo se multiplica por el n  mero de bytes de las cabeceras que suman Ethernet, IP y UDP (14, 20 y 8 bytes) y as   obtener el total del n  mero de bytes del archivo a generar sin las cabeceras, ya que se quiere analizar el volumen de tr  fico hasta esta   ltima capa. Este mismo se representa en bits, para luego restarlo con el valor nominal y as   obtener el tama  o del archivo a transmitir en bits.

La tercera fase comprende el determinar el efecto del volumen de tr  fico sobre el retardo producido en el intercambio de datos entre los protocolos UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g, a trav  s de las pruebas realizadas por medio del protocolo TFTP entre un equipo cliente y un equipo servidor. La informaci  n de esta operaci  n es capturada y procesada en la siguiente tabla.

Cuadro 1. Ficha t  cnica de recolecci  n de datos

Tac (seg)	Tsc (seg)	Dc	Tas (seg)	Tss (seg)	Ds	Ttxrx	Bytes as	Bytes ss	Ds-c	TotalDs-c
-----------	-----------	----	-----------	-----------	----	-------	----------	----------	------	-----------

Fuente: Naveda (2009)

Se describir   cada uno de los par  metros presentados en el cuadro anterior: Tiempo de reconocimiento del cliente (Tac); Tiempo de envi   del cliente (Tsc); Diferencial de tiempo del cliente (Dc); Tiempo de reconocimiento del Servidor (Tas); Tiempo de envi   del Servidor (Tss); Diferencial de tiempo del Servidor (Ds); Diferencial de Transmisi  n – Recepci  n (TxRx); Tama  o de la trama de reconocimiento (Bytes as); Tama  o de la trama de envi   (Bytes ss); Diferencial de tiempo del paquete desde cliente-Servidor (Ds-c) y finalmente el Tiempo de retardo total (Total D s-c).

Es importante indicar que este cuadro es llenado para cada una de las pruebas a realizar. Por tanto, los tiempos de retardo total generados por las pruebas de cada muestra se suman y dividen por el n  mero de muestras, obteniendo as   un valor promedio de retardo para cualquiera de los escenarios planteados. Los valores promedios obtenidos se reflejar  n en el siguiente cuadro.

Cuadro 2. Tabla de resultados de las pruebas seg  n escenarios de prueba

Muestra	Ret GE-GE	Ret GE-WF	$\Delta(\text{GE-WF})-(\text{GE-GE})$	Rpu
---------	-----------	-----------	---------------------------------------	-----

Fuente: Naveda (2009)

En la columna que hace referencia a la muestra se encuentran todos los tama  os de los archivos que fueron probados, estos valores se manejan en bits. En el campo "Ret



GE-GE” o “Ret GE-WF” se colocarán los resultados del valor promedio del retardo según la muestra y el escenario planteado, estos valores están dados en segundos.

La columna identificada como “ $\Delta(\text{GE-WF})-(\text{GE-GE})$ ” es el diferencial de los valores promedio del retardo entre los dos escenarios por muestra, es decir, es la resta de los valores de “Ret GE-WF” y “Ret GE-GE” en cada una de las muestras trabajadas. Por último se tiene el valor “Rpu” que significa retardo por unidad, y no es más que la relación de retardo “ $\Delta(\text{GE-WF})-(\text{GE-GE})$ ” modelado entre el número de bits de la muestra respectiva.

Finalmente, la cuarta fase abarca la generación de curvas del retardo producido en la transmisión de datos entre los protocolos UDP/IP/IEEE 802.3ab a UDP/IP/IEEE 802.11g, a partir de la información procesada, plasmada en el cuadro de resultados según los escenarios de prueba. La variable independiente “Volumen de Tráfico” estará en el eje de las abscisas.

La variable dependiente “Retardo de la Transmisión” se representará en una de las curvas que identificar  el comportamiento del retardo de las muestras manejadas en las pruebas. En cuanto a la variable Retardo por unidad “Rpu”, se observa el comportamiento predictivo que tendrá la proporción del retardo entre los protocolos UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g. Para ambas curvas la variable dependiente será representada en las ordenadas.

Para darle una forma más adecuada a la curva, se aplica el método numérico de ajuste de curvas no lineales por mínimos cuadrados, que en función de lo obtenido se selecciona el modelo matemático más adecuado para tener así una ecuación que permita recalcular una mayor cantidad de puntos para representar una curva más exacta.

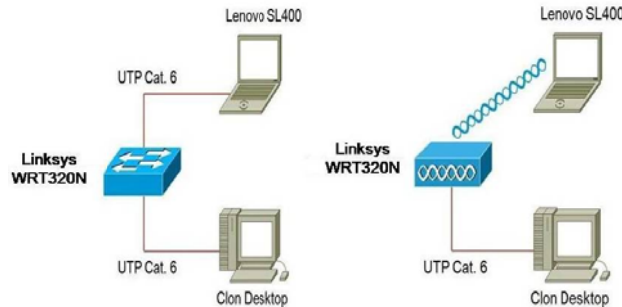
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se trata el análisis de los resultados a través de la exposición y discusión de los mismos, según lo establecido en las fases que conforman la metodología propuesta, permitiendo así formular las conclusiones y recomendaciones correspondientes a la investigación.

Luego de analizar los estándares objeto de estudio, surge la necesidad de crear dos (02) escenarios de pruebas. El primero contempla la transmisión de datos sin intercambio de protocolos, es decir, 802.3ab en los dos extremos. En este contexto se busca obtener valores de retardo referenciales. El segundo escenario considera el intercambio de protocolos, esperando un retardo mayor originado por el encapsulamiento/desencapsulamiento de los datos.

Es posible definir las topologías de prueba de la siguiente forma: el escenario uno (1) cuenta con dos (2) PC conectadas al Switch/AP a través de un cable UTP categoría 6. La función de conexión inalámbrica es deshabilitada en el AP y en las computadoras. El segundo experimento posee una PC conectada al Switch/AP vía cable UTP categoría 6. El segundo computador se conecta a la red a través de su tarjeta inalámbrica.

Figura 1. Escenarios de Prueba



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta la información que permitió la selección de las computadoras utilizadas en el experimento, y el software instalado en las mismas.

Cuadro 3. Selección de Punto de Acceso

Criterios técnicos – económicos de selección						
Nº	Características	Criterio Empleado	Alternativas			Observación
			Lanpro LP1521	Linksys WRT320N	D-Link DIR320	
1	Compatibilidad	Soporta los estándares UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica del fabricante
2	Disponibilidad	De fácil accesibilidad en el mercado.	100	100	100	Disponible en tiendas especializadas en el área y en páginas web de comercio electrónico.
3	Adquisición	Será determinada de acuerdo a tres modos: 3.1. Comprado; 3.2. Alquilado; 3.3. Prestado; 3.4. Propio.	0	100	0	El equipo es propiedad del autor
4	Simplicidad en la instalación	Estará sujeto a las siguientes condiciones: 4.1. Requiere de software para su instalación; 4.2. Provee soporte guía; 4.3 No requiere de software especial para su instalación.	100	100	100	Todos los equipos poseen software de fácil acceso y configuración.
5	Funcionalidad	Capacidad para soportar diferentes protocolos de red (802.3ab y 802.11g).	100	100	100	Verificado en las especificaciones técnicas del fabricante
6	Flexibilidad de operación	Fácil transporte. Inherente al medio en el cual será instalado (Intemperie u Oficina)	100	100	100	Equipos livianos de fácil transporte
7	Rendimiento	Mayor tiempo de vida útil bajo condiciones nominales de operación continua.	100	100	100	Verificado en las hojas técnicas del fabricante
8	Calidad del equipo	Según la robustez del mismo.	100	100	100	Verificado en las especificaciones del fabricante
9	Costo referencial	Según precio	80	75	60	Consulta con proveedores
Promedio puntuación total (%)			86,67	97,22	84,44	

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al Switch/AP se evaluaron tres (03) opciones, el equipo más favorecido corresponde al modelo Linksys WRT320N. A pesar de que no tiene el precio más bajo, cumple con los requerimientos necesarios.

Entre sus ventajas: su rendimiento inmejorable para dispositivos inalámbricos o con cables. Las conexiones inalámbricas se seleccionan por banda de radio para evitar interferencias en el área y los cuatro (4) puertos Gigabit incorporados aumentan la velocidad de sus dispositivos con cables.

Es compatible con todos los sistemas operativos, ideal para transmisiones de video sin cortes, alta velocidad de imágenes de juegos y rápidas transferencias de datos. También se puede conectar a dispositivos Wireless-B o -A existentes.

Cuadro 4. Selección de Computadoras

Criterios técnicos – económicos de selección						
Nº	Características	Criterio Empleado	Alternativas			Observación
			Clon Desktop	Acer AO532H	Lenovo SL400	
1	Compatibilidad	Soporta los estándares UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica del fabricante
2	Disponibilidad	De fácil accesibilidad en el mercado.	100	100	100	Consulta con proveedores
3	Adquisición	Será determinada de acuerdo a tres modos: 3.1. Comprado; 3.2. Alquilado; 3.3. Prestado; 3.4. Propio.	100	0	100	El equipo es propiedad del autor
4	Simplicidad en la instalación	Estará sujeto a las siguientes condiciones: 4.1. Requiere de software para su instalación; 4.2. Provee soporte guía; 4.3 No requiere de software especial para su instalación.	100	100	100	Los computadores propuestos poseen un sistema operativo licenciado.
5	Funcionalidad	Capacidad para soportar diferentes protocolos de red (802.3ab y 802.11g).	100	100	100	Los computadores propuestos manejan ambos protocolos.
6	Flexibilidad de operación	Fácil transporte. Inherente al medio en el cual será instalado (Intemperie u Oficina)	50	100	100	Equipos de fácil transporte
7	Rendimiento	Mayor tiempo de vida útil bajo condiciones nominales de operación continua.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica del fabricante
8	Calidad del equipo	Según la robustez del mismo.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica del fabricante
9	Costo referencial	Según precio	100	40	60	Consulta a proveedor
Promedio puntuación total (%)			94,44	82,22	95,56	

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que las alternativas Lenovo SL400 y Clon Desktop son las más idóneas para instalar en los escenarios de prueba, donde las características adquisición y costo referencial decidieron la selección, ya que definen la mejor relación costo-beneficio.

En cuanto a las características de los equipos, Lenovo SL400 posee las siguientes especificaciones; Procesador: Intel Core 2 Duo 2,10GHz. Memoria RAM: 2GB. Disco Duro: 221GB. Equipamiento de Red: Realtek RTL8168C/8111C Family PCI-E Gigabit Ethernet NIC (10/100/1000MBit), Intel Wireless WiFi Link 5100 (abgn), 2.0 Bluetooth.



Luego de analizar sus especificaciones, resultó ideal su implementación como equipo cliente de la red.

Por su parte, el Clon Desktop tiene las siguientes características técnicas; Procesador: Intel Core 2 Duo 2,4GHz. Memoria RAM: 1GB. Disco Duro: 160 GB. Equipamiento de Red: Encore ENLGA-1320 Gigabit Ethernet Adapter. Gracias a la fortaleza de su procesador, se definió como equipo servidor de la red.

Cuadro 5. Selección de Sistema Operativo

Criterios técnicos – económicos de selección						
Nº	Características	Criterio Empleado	Alternativas			Observación
			Windows XP	Windows Vista	Ubuntu Linux	
1	Compatibilidad	Soporta los estándares UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica de la casa de software.
2	Disponibilidad	De fácil accesibilidad en el mercado.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica..
3	Adquisición	Será determinada de acuerdo a tres modos: 3.1. Comprado 3.2. Shareware; 3.3. Previamente Instalado	100	60	100	XP: Previamente Instalado. Vista: Comprado. Linux: Gratis.
4	Simplicidad en la instalación	Estará sujeto a las siguientes condiciones: 4.1. Requiere de software para su instalación; 4.2. Provee soporte guía; 4.3 No requiere de software especial para su instalación.	100	90	80	Verificado en la hoja técnica de la casa de software
5	Funcionalidad	Utilización masiva que le da las empresas, oficinas y hogares	100	70	90	XP: Uso Masivo. Vista: Alto uso. Linux: Poco Uso
6	Flexibilidad de operación	Facilidad de utilización por los usuarios	100	80	70	XP: Fácil utilización Vista: Dificultad para hardware Linux: Esquema de uso distinto
7	Rendimiento	Mayor tiempo de vida útil bajo condiciones nominales de operación continua.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica de la casa de software
8	Calidad del equipo	Según la robustez del mismo.	90	80	100	XP: Problema con virus informáticos. Vista: Se requiere mayor capacidad de hardware. Linux: Pocos problemas con virus y capacidad de hardware
9	Costo referencial	Según precio	100	60	100	XP: Instalado Vista: Comprado Linux: Gratis
10	Licencia	Este criterio se basará en: No Libre; Parcialmente libre; Libre.	80	60	100	XP: Instalado. Vista: Costo por licencia. Linux: Gratis
11	Versión	Frecuencia de las actualizaciones.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica.
Promedio puntuación total (%)			97,27	81,82	94,55	

Fuente: elaboración propia.

En este caso, es posible observar que el sistema operativo ideal para esta prueba es Windows XP, ya que es uno de los más utilizados en el mercado actual, permite una versatilidad para el uso de los protocolos UDP/IP/IEEE-802.3ab y UDP/IP/IEEE-802.11g aunado a su famosa estabilidad y pocos errores.

Cuadro 6. Selección de Servidor TFTP

Criterios técnicos – económicos de selección						
Nº	Características	Criterio Empleado	Alternativas			Observación
			WinAgents TFTP Server	TFTPDWIN Server	Solarwinds TFTP Server	
1	Compatibilidad	Soporta los estándares UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica de la casa de software.
2	Disponibilidad	De fácil accesibilidad en el mercado.	80	80	100	Opción 1 y 2: Pago en Dólares. Opción 3: Gratis
3	Adquisición	Será determinada de acuerdo a tres modos: 3.1. Comprado 3.2. Shareware; 3.3. Previamente Instalado	70	70	100	Opción 1 y 2: Shareware Opción 3: Previamente Instalado
4	Simplicidad en la instalación	Estará sujeto a las siguientes condiciones: 4.1. Requiere de software para su instalación; 4.2. Provee soporte guía; 4.3 No requiere de software especial para su instalación.	100	100	100	Las opciones no requieren software adicional
5	Funcionalidad	Utilización masiva que le da las empresas, oficinas y hogares	100	100	100	Verificado en la hoja técnica. Experiencia propia del autor
6	Flexibilidad de operación	Facilidad de utilización por los usuarios	100	100	80	Verificado en la hoja técnica.
7	Rendimiento	Mayor tiempo de vida útil bajo condiciones nominales de operación continua.	70	70	100	Verificado en la hoja técnica
8	Calidad del equipo	Según la robustez del mismo.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica
9	Costo referencial	Según precio	24	69	100	1) 76 \$ 2) 29 \$ 3) Gratis
10	Licencia	Este criterio se basará en: No Libre; Parcialmente libre; Libre.	50	50	100	1) y 2) Parcialmente libre. 3) Libre
11	Versión	Frecuencia de las actualizaciones.	100	100	100	Verificado en la hoja técnica.
Promedio puntuación total (%)			81,27	85,36	98,18	

Fuente: elaboración propia.

En el caso de las aplicaciones para Servidor TFTP, el programa SolarWinds TFTP Server fue seleccionado debido a la ventaja de su uso gratuito y de la gran robustez que presenta respecto a las otras dos opciones estudiadas.

Entre sus ventajas se puede mencionar su capacidad de transferir hasta 4GB de información. La disponibilidad puede ser completa: 24 horas y 7 días a la semana. Gracias a sus cualidades, es implementado en redes de pequeñas y medianas empresas.

Cuadro 7. Selección del Analizador de Protocolos

Criterios técnicos – económicos de selección					
N°	Características	Criterio Empleado	Alternativas		Observación
			Wireshark	Ethereal	
1	Compatibilidad	Soporta los estándares UDP/IP/IEEE 802.3ab y UDP/IP/IEEE 802.11g.	100	100	Verificado en la hoja técnica de la casa de software
2	Disponibilidad	De fácil accesibilidad en el mercado.	100	100	Ambos se descargan vía Web gratuitamente
3	Adquisición	Será determinada de acuerdo a tres modos: 3.1. Comprado; 3.2. Shareware; 3.3. Gratis.	100	100	1) Gratis 2) Gratis
4	Simplicidad en la instalación	Estará sujeto a las siguientes condiciones: 4.1. Requiere de software para su instalación; 4.2. Provee soporte guía; 4.3 No requiere de software especial para su instalación.	100	100	Ambos programas no requieren software adicional
5	Funcionalidad	Utilización masiva que le da las empresas, oficinas y hogares	100	100	Comúnmente Utilizados por Ingenieros de redes Informáticas
6	Flexibilidad de operación	Facilidad de utilización por los usuarios	100	100	Verificado en la hoja técnica.
7	Rendimiento	Mayor tiempo de vida útil bajo condiciones nominales de operación continua.	100	100	
8	Calidad del equipo	Según la robustez del mismo.	100	100	Ambos de gran robustez
9	Costo referencial	Según precio	100	100	Ambos gratis
10	Licencia	Este criterio se basará en: No libre; Parcialmente libre; Libre.	100	100	Libre
11	Versión	Frecuencia de las actualizaciones.	100	100	Verificado en la hoja técnica
Promedio puntuación total (%)			100	100	

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que ambas opciones cumplen el 100% de los requisitos pautados, los programas son muy similares. Sin embargo, se va a seleccionar Wireshark ya que es de última generación y está más adecuado a las nuevas tecnologías.

Sobre Wireshark, resulta necesario destacar que posee una interfaz gráfica, muchas opciones de organización y filtrado de información. Permite ver todo el tráfico que pasa a través de una red (usualmente una red Ethernet, aunque es compatible con algunas otras) estableciendo la configuración en modo promiscuo. También incluye una versión basada en texto llamada tshark.

Del mismo modo, permite examinar datos de una red viva o de un archivo de captura salvado en disco. Se puede analizar la información capturada, a través de los detalles y sumarios por cada paquete. Wireshark incluye un completo lenguaje para filtrar lo que queremos ver y la habilidad de mostrar el flujo de una sesión de UDP. Lo cual resulta ventajoso para la presente investigación.

Para realizar las pruebas en los escenarios descritos anteriormente, fue necesaria la generación de datos de diferentes tamaños, buscando siempre cumplir con las especificaciones de los estándares empleados para así obtener un resultado preciso referente al retardo durante el intercambio de protocolos de interconexión.



En ambos escenarios se implementó un rango de paquetes comprendidos entre 0.2Mb hasta 54Mb, esto debido a que el estudio sobre la norma 802.11g reflejó que su máxima velocidad de transmisión equivale a 54Mbps. El mencionado rango fue separado de la siguiente manera: 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 4, 7, 10, 13, 16, 19, 24, 29, 34, 37, 40, 43, 46, 49, 52, 53, 53.2, 53.4, 53.6, 53,8 y 54 Mbits.

Al observar los valores seleccionados en los rangos de 1Mbit, tanto al inicio como al final de la separación del rango del volumen de tráfico a emplear, se tomaron intervalos más cortos de 0,2Mbits. El resto de las muestras son de intervalos más distantes, ya que el cuerpo o parte central de la curva se observa una mayor cantidad de cambios que le dan forma

En el siguiente cuadro se muestran los valores de los archivos generados, aplicando los cálculos según la metodología descrita en el procedimiento de la investigación del presente trabajo, estableciendo así el volumen de tráfico para la transmisión de datos entre los protocolos en estudio.

Cuadro 8. Cálculo de Archivos de Muestra

Archivo en bits	Archivo en bytes	Nº de fragmentos del archivo (bytes)	Redondeo hacia arriba	Nº de bytes por cabeceras de protocolos en bytes (GEth+IP+UDP)	Nº de bytes por cabeceras de protocolos en bits (GEth+IP+UDP)	Tamaño del archivo en bits	Tamaño del archivo en bytes
200.000	25.000	44,80287	45	1.890	15.120	184.880	23.110
400.000	50.000	89,60573	90	3.780	30.240	369.760	46.220
600.000	75.000	134,40860	135	5.670	45.360	554.640	69.330
800.000	100.000	179,21147	180	7.560	60.480	739.520	92.440
1.000.000	125.000	224,01434	225	9.450	75.600	924.400	115.550
4.000.000	500.000	896,05735	897	37.674	301.392	3.698.608	462.326
7.000.000	875.000	1.568,10036	1.569	65.898	527.184	6.472.816	809.102
10.000.000	1.250.000	2.240,14337	2.241	94.122	752.976	9.247.024	1.155.878
13.000.000	1.625.000	2.912,18638	2.913	122.346	978.768	12.021.232	1.502.654
16.000.000	2.000.000	3.584,22939	3.585	150.570	1.204.560	14.795.440	1.849.430
19.000.000	2.375.000	4.256,27240	4.257	178.794	1.430.352	17.569.648	2.196.206
24.000.000	3.000.000	5.376,34409	5.377	225.834	1.806.672	22.193.328	2.774.166
29.000.000	3.625.000	6.496,41577	6.497	272.874	2.182.992	26.817.008	3.352.126
34.000.000	4.250.000	7.616,48746	7.617	319.914	2.559.312	31.440.688	3.930.086
37.000.000	4.625.000	8.288,53047	8.289	348.138	2.785.104	34.214.896	4.276.862
40.000.000	5.000.000	8.960,57348	8.961	376.362	3.010.896	36.989.104	4.623.638
43.000.000	5.375.000	9.632,61649	9.633	404.586	3.236.688	39.763.312	4.970.414
46.000.000	5.750.000	10.304,65950	10.305	432.810	3.462.480	42.537.520	5.317.190
49.000.000	6.125.000	10.976,70251	10.977	461.034	3.688.272	45.311.728	5.663.966
52.000.000	6.500.000	11.648,74552	11.649	489.258	3.914.064	48.085.936	6.010.742
53.000.000	6.625.000	11.872,75986	11.873	498.666	3.989.328	49.010.672	6.126.334
53.200.000	6.650.000	11.917,56272	11.918	500.556	4.004.448	49.195.552	6.149.444
53.400.000	6.675.000	11.962,36559	11.963	502.446	4.019.568	49.380.432	6.172.554
53.600.000	6.700.000	12.007,16846	12.008	504.336	4.034.688	49.565.312	6.195.664
53.800.000	6.725.000	12.051,97133	12.052	506.184	4.049.472	49.750.528	6.218.816
54.000.000	6.750.000	12.096,77419	12.097	508.074	4.064.592	49.935.408	6.241.926

Fuente: elaboración propia.

Aplicando la metodología planteada, se obtuvieron los siguientes resultados finales, basados en el cuadro 1. Para cada nivel de utilización del canal se realizaron las pruebas con treinta repeticiones, obteniendo así un promedio que minimiza el margen de error existente. Los valores promedios de los tiempos de retardo total (Total Dif c -> s) generados por las treinta pruebas de cada muestra se reflejan en la siguiente tabla:



Cuadro 9. Resultados de las pruebas realizadas en los escenarios

Muestra	Retardo GE-GE	Retardo WF-GE	$\Delta(\text{WF-GE})-(\text{GE-GE})$	Rpu
200000	0.000310971	0.001238374	0.000927402	4.63701E-09
400000	0.000314977	0.001243903	0.000928926	2.32232E-09
600000	0.000314263	0.001234112	0.000919849	1.53308E-09
800000	0.000313362	0.001233282	0.00091992	1.1499E-09
1000000	0.000336653	0.001233762	0.000897109	8.97109E-10
4000000	0.000335513	0.001230185	0.000894672	2.23668E-10
7000000	0.000356583	0.00125211	0.000895527	1.27932E-10
10000000	0.000359934	0.00126962	0.000909686	9.09686E-11
13000000	0.000356356	0.00123391	0.000877554	6.75042E-11
16000000	0.000359716	0.0012509	0.000891184	5.5699E-11
19000000	0.000361742	0.00123636	0.000874618	4.60325E-11
24000000	0.000362258	0.001238662	0.000876404	3.65168E-11
29000000	0.000364234	0.001235976	0.000871742	3.00601E-11
34000000	0.000361164	0.001237518	0.000876354	2.57751E-11
37000000	0.000375814	0.001231776	0.000855962	2.31341E-11
40000000	0.00039045	0.001223736	0.000833286	2.08322E-11
43000000	0.000375634	0.001233808	0.000858174	1.99575E-11
46000000	0.000375152	0.00122868	0.000853528	1.8555E-11
49000000	0.000377728	0.001230453	0.000852725	1.74025E-11
52000000	0.000378518	0.00124613	0.000867612	1.66848E-11
53000000	0.000377072	0.001237487	0.000860415	1.62342E-11
53200000	0.00037836	0.001231068	0.000852708	1.60283E-11
53400000	0.000376872	0.001236634	0.000859762	1.61004E-11
53600000	0.00037584	0.001231442	0.000855602	1.59627E-11
53800000	0.000376752	0.001245882	0.00086913	1.61548E-11
54000000	0.000376942	0.00126883	0.000891888	1.65164E-11

Fuente: elaboración propia.

Luego de analizar el cuadro anterior, es importante destacar que al aumentar el tamaño de la muestra, se obtiene un valor casi constante en el retardo GE-GE. Esta imperceptible variabilidad también es observada con respecto al retardo WF-GE, donde los resultados demuestran el efecto del proceso de encapsulamiento y desencapsulamiento de tramas empleado en el segundo escenario, donde se halló un promedio de retardo mucho mayor al referencial.

Por otra parte, la data obtenida en las pruebas permite confirmar las bondades del protocolo IEEE-802.3AB, el cual no fue afectado por el volumen de tráfico empleado en el experimento gracias a su tecnología que utiliza todo el ancho de banda disponible,

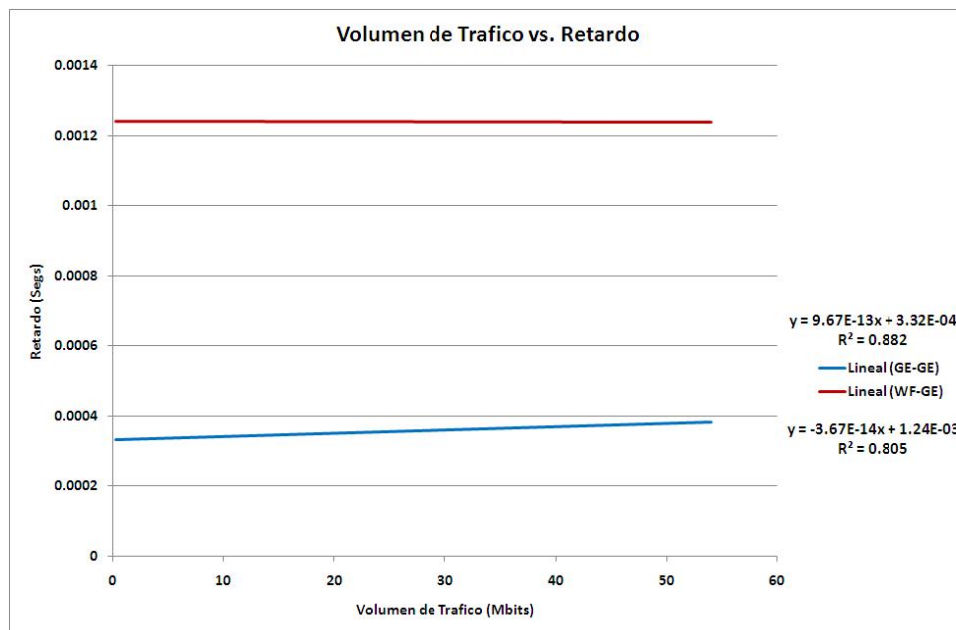
ayudado también por la ausencia del proceso CSMA/CD que contribuye a la obtención de valores de retardo muy bajos.

Con respecto al retardo por unidad, los resultados reflejan que a medida que la muestra aumenta en tamaño, el valor del Rpu disminuye. Es necesario resaltar el rango de muestra comprendido desde 46 Mbits hasta 54 Mbits, donde se presenta un valor de Rpu estabilizado y cercano a $1.6E-11$.

Por otro lado, a partir de los resultados obtenidos, los cuales se encuentran plasmados en el Cuadro 9, se generaron curvas del retardo producido en la transmisión de datos entre los protocolos UDP/IP/IEEE-802.3AB a UDP/IP/IEEE-802.11G y retardo por unidad.

Para darle una forma más adecuada a la curva y poder obtener así una herramienta matemática exacta, se aplicó el método numérico de ajuste de curvas no lineales por mínimos cuadrados, el cual permitió recalcular una gran cantidad de puntos que mejoran el aspecto de la gráfica generada. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Figura 2. Retardo GE-GE y WF-GE



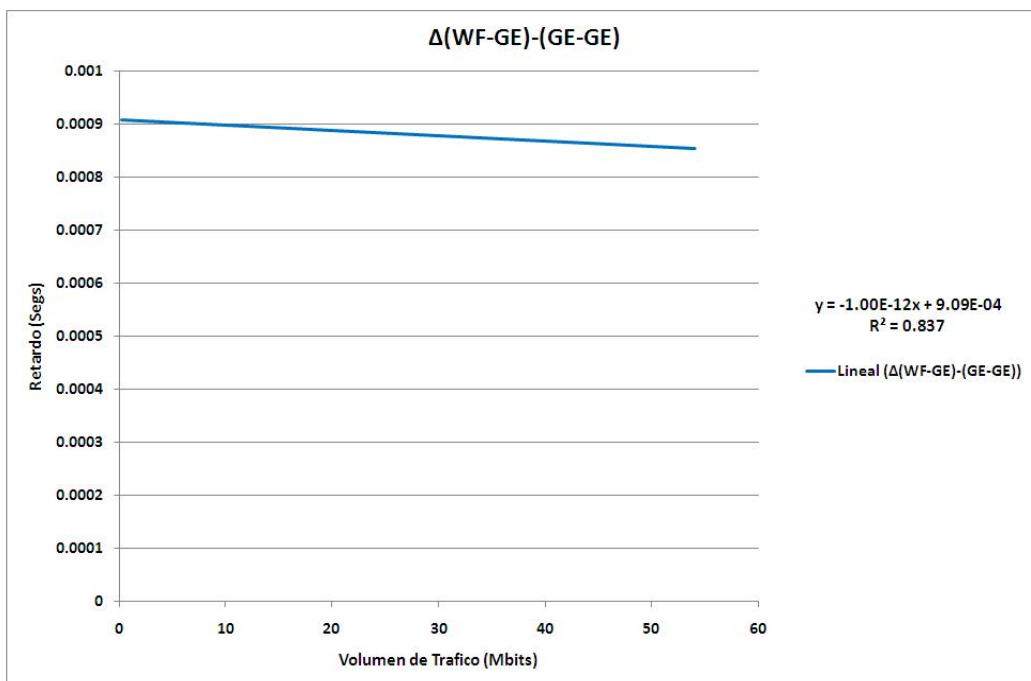
Fuente: elaboración propia.

La gráfica anterior presenta el retardo promedio obtenido en las pruebas realizadas en los dos escenarios planteados. Para el caso GE-GE, el cual se tomó como referencia, se observa una línea recta positiva con una pendiente de valor despreciable lo que permite definir el comportamiento del retardo como constante y cercano a 0.0004 segs. En cuanto al escenario WF-GE, su recta muestra una pendiente negativa imperceptible donde el retardo es invariable a través del experimento con un valor cercano a 0.0012 segs.

La inspección de la gráfica permite deducir que durante las pruebas el canal de transmisión no fue afectado. Para el segundo escenario se presentó un valor de retardo mayor debido al proceso de intercambio de protocolos, pero el mencionado proceso no tuvo efectos negativos sobre la red.

Es necesario destacar el proceso de ajuste de la curva, el cual se realizó a través del método de mínimos cuadrados, el resultado fue un ajuste lineal con valores de coeficiente de correlación cercanos a 0.8, obteniendo así un ajuste positivo para efectos del experimento.

Figura 3. Retardo $\Delta(\text{WF-GE})-(\text{GE-GE})$

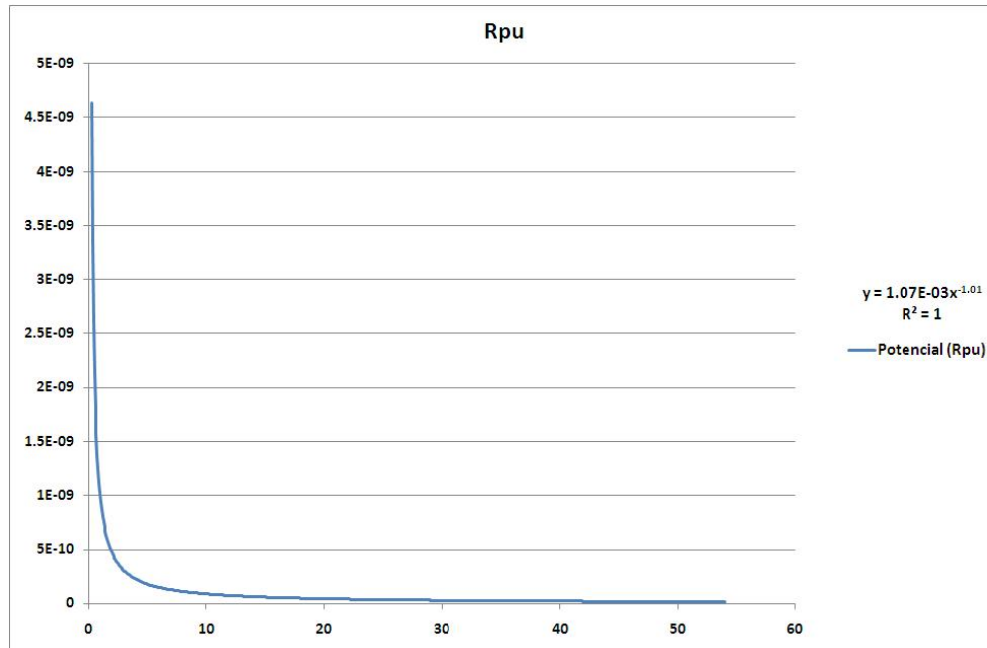


Fuente: elaboración propia.

La gráfica anterior resulta al restar los valores de retardo promedio obtenidos en los dos escenarios de prueba. El comportamiento de la recta presenta una pendiente negativa de valor despreciable, definiendo el valor del retardo como constante y aproximado a 0.0009 segs. El ajuste de la curva arrojó una función lineal con un coeficiente de relación igual a 0.837, facilitando un ajuste con niveles de exactitud elevados.

La inspección de la figura confirma que el canal de transmisión no fue afectado por el volumen de tráfico inyectado, debido a las altas prestaciones que ofrece la norma UDP/IP/IEEE-802.3AB, donde el encapsulamiento y desencapsulamiento realizado por UDP/IP/IEEE-802.11G no afectó a la red.

Figura 4. Retardo por Unidad



Fuente: elaboración propia.

La figura anterior es el resultado de la relación del retardo hallado en $\Delta(WF-GE)-(GE-GE)$ modelado y dividido entre el número de bits de la muestra respectiva. Al realizar el ajuste se obtuvo una función potencial y el coeficiente de correlación fue muy cercano a 1, lo que permitió recalcularse la mayor cantidad de puntos en la curva.

Mediante observación gráfica es posible concluir que el retardo por unidad (Rpu), es decir, el retardo por bit, es menor a medida que la muestra aumenta demostrando que el volumen de tráfico no produce efecto sobre el retardo durante el intercambio de protocolos de transmisión estudiados en la presente investigación.

Para finalizar la discusión es necesario destacar que al comparar los resultados hallados con los valores de retardo tabulados por la ITU-T para este tipo de experimentos, es posible confirmar que el canal de transmisión de las redes híbridas no se ve afectado por el retardo que pueda generar las aplicaciones bajo UDP/IP, estando preparadas para ofrecer los servicios mencionados dentro de infraestructuras locales. Esta afirmación se basa en el resultado modelado de la gráfica de retardo por unidad, valor que disminuyó a medida que aumentó el volumen de tráfico inyectado.

Con base en lo anterior, es necesario mencionar que dicha modelación de gráfica se realizó bajo el ajuste de curvas lineales por mínimos cuadrados, desestimando el método de interpolación cúbica que fue el implementado por investigadores previos al presente estudio. La decisión de tomar el primer método radicó en la alta estima que posee de parte de los expertos estadísticos y a las ventajas de recalcular de puntos que habilita la



generación de curvas más suavizadas y precisas.

Por su parte, el método de interpolación sólo calcula puntos intermedios, pudiéndose presentar ajustes erróneos y no muy validos a la hora de la inspección gráfica por parte de otros investigadores, jurados o planificadores de red.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados reflejan que a medida que la muestra aumenta en tamaño, el valor del Rpu disminuye. Al comparar los resultados hallados con los valores de retardo tabulados por la ITU-T para este tipo de experimentos, es posible confirmar que el canal de transmisión de las redes hibridas no se ve afectado por el retardo que pueda generar las aplicaciones bajo UDP/IP, estando preparadas para ofrecer los servicios mencionados dentro de infraestructuras locales.

Luego de realizar las pruebas, los resultados obtenidos expresaron que el intercambio de protocolos y su inherente proceso de encapsulamiento/ desencapsulamiento de datos aumentaron los niveles de retardo con respecto al escenario referencial; pero dichos valores no afectaron el normal funcionamiento del canal de transmisión. Por lo que se concluye que el volumen de tráfico no influye en el retardo generado durante el intercambio de protocolos UDP/IP/IEEE-802.3ab y UDP/IP/IEEE-802.11g.

Sin embargo, se recomienda a los planificadores de red utilizar las curvas generadas en el presente estudio como herramienta en el momento de valorar propuestas de diseño, logrando así la validez, robustez y escalabilidad de los mismos. Sin olvidar la importante relación costo-beneficio.

Resulta necesario motivar a los futuros investigadores a que realicen estudios donde se consideren fenómenos de origen físico o natural, evaluando su posible incidencia en el retardo por intercambio entre protocolos durante la transmisión de datos.

Es menester recomendar que previo a la implementación de una red wireless se realicen pruebas de campo ya que factores como metales, líquidos, microondas e incluso decorados lumínicos de navidad pueden perjudicar seriamente el rendimiento, afectando directamente a los niveles de retardo y motivando cambios en el diseño inicial generando pérdidas de tiempo y dinero. Especialmente durante la realización de investigaciones.

Aunado a los fenómenos del entorno, se encuentran la cantidad de equipos dependientes de la red. Para estos se recomienda un control, evitando que un exceso de usuarios provoque una circulación masiva de datos que sature y comprometa la disponibilidad de la red.

Por último, se recomienda que para la óptima procura de equipos, es necesario un análisis de las características técnicas buscando que cumplan con los requerimientos establecidos en el diseño sin afectar la importante relación costo-beneficio.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al Safadi, S. (2008). Efecto del volumen de tráfico sobre el retardo producido por el intercambio de datos entre los protocolos IEEE 802.3ab y 802.11b. Trabajo de grado para optar al título de magíster en telemática. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, Venezuela.
- Forouzan, B. (2002). Transmisión de datos y redes de comunicaciones. USA. McGraw Hill.
- García, A. (2002). Guía completa de protocolos de telecomunicaciones. Organización IEEE. USA. Editorial de la IEEE.
- García, J. (2000). Redes para proceso distribuido. España. RA-MA Editorial.
- Hernández, R. (2000). Metodología de la investigación. México. McGraw Hill.
- Huidobro, J. y Roldan, D. (2004). Redes y servicios de banda ancha. México. McGraw Hill.
- Hurtado, J. (2000). Metodología de la investigación. Venezuela. CIEA-Sypal.
- Naveda, E. (2009). Volumen de tráfico sobre el retardo en el intercambio de datos UDP/IP/IEEE-802.3u y UDP/IP/IEEE-802.11g. Trabajo de grado para optar al título de magíster en telemática. Universidad Dr. Rafael Belloso Chacín, Venezuela.