

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio de la calidad de internet en la universidad del Valle de Guatemala por medio de Ethernet durante doce semanas

Trabajo de graduación presentado por
Raúl Francisco Cifuentes Briones
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Electrónica

Guatemala

2017

Estudio de la calidad de internet en la universidad del Valle de Guatemala por medio de Ethernet durante doce semanas

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Estudio de la calidad de internet en la universidad del Valle de Guatemala por medio de Ethernet durante doce semanas

Trabajo de graduación presentado por
Raúl Francisco Cifuentes Briones
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería
Electrónica

Guatemala

2017

Vo.Bo. :

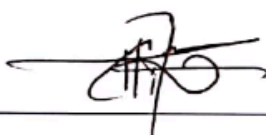
(f)  _____

Ing. José Augusto Sánchez Villanueva

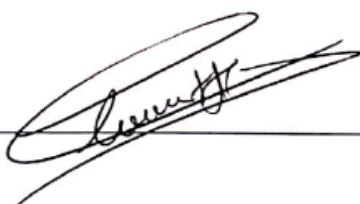
Tribunal Examinador:

(f)  _____

Ing. José Augusto Sánchez Villanueva

(f)  _____

MSc. Carlos Alberto Esquit Hernández

(f)  _____

Ing. Álvaro Xavier Arriola Díaz

Fecha de aprobación: Guatemala 21 de junio de 2017

CONTENIDO

	Página
Lista de cuadros.....	iii
Lista de figuras.....	iv
Resumen.....	vi
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	2
III. Justificación.....	3
IV. Marco teórico.....	4
A. Redes de internet.....	4
B. Medios físicos de canal de comunicación.....	6
C. Sistemas de comunicación.....	8
D. Red alámbrica (LAN)	9
E. Ethernet.....	12
F. Espectro Electromagnético.....	14
G. Modelo OSI.....	16
H. Rendimiento de internet.....	17
I. Protocolo IEEE estándar 802.3	18
V. Diseño experimental.....	19
A. Materiales.....	19
B. Implementación y configuración del sistema.....	19
VI. Resultados.....	28
A. Semana 1.....	28
B. Semana 2.....	29
C. Semana 3.....	29
D. Semana 4.....	30
E. Semana 5.....	30
F. Semana 6.....	31
G. Semana 7	31
H. Semana 8	32
I. Semana 9	32
J. Semana 10	33
K. Semana 11	33
L. Semana 12	34
M. Resultados de TCPdump con ayuda de la herramienta Wireshark.....	34
VII. Discusión de resultados.....	36

VIII.	Conclusiones.....	39
IX.	Recomendaciones.....	41
X.	Bibliografía.....	42
XI.	Glosario.....	43
XII.	Anexos.....	44

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Categorías de cable de comunicación.....	6
Cuadro 2. Especificaciones del equipo utilizado.....	19

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Componentes esenciales que forman parte de Internet.....	4
Figura 2. Sistema de comunicación.....	5
Figura 3. Representación de cable coaxial.....	6
Figura 4. Representación de un cable de fibra óptica.....	7
Figura 5. Representación de la función de una repetidora.....	7
Figura 6. Representación de un conector	8
Figura 7. Representación de la funcionalidad de TCP.....	9
Figura 8. Representación de una topología estrellera.....	10
Figura 9. Representación de una topología anillos.....	11
Figura 10. Representación de una topología bus.....	12
Figura 11. Representación de la funcionalidad de codificación.....	13
Figura 12. Representación de un espectro electromagnético.....	14
Figura 13. Representación de una frecuencia.....	15
Figura 14. Representación de una longitud de onda.....	15
Figura 15. Representación de un modelo OSI.....	16
Figura 16. Resultado de ejecutar en terminal de sistema operativo el comando speedtest-cli.....	20
Figura 17. Representación de los códigos para poder escribir sobre plataforma.....	22
Figura 18. Representación de cómo escribir en la plataforma ThinkSpeak por medio de la herramienta Python.....	22
Figura 19. Representación de cómo se observan las gráficas a utilizar en la plataforma.....	23
Figura 20. Resultado de ejecutar el comando tcpdump para cien paquetes.....	24
Figura 21. Representación de interfaz gráfico de la herramienta Wireshark.....	25
Figura 22. Representación de una carpeta API en Dropbox.....	26
Figura 23. Resultado de subir un archivo con éxito a la nube Dropbox.....	27
Figura 24. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 28/2/17 a 4/3/17.....	28
Figura 25. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 6/3/17 a 11/3/17.....	29
Figura 26. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 13/3/17 a 18/3/17.....	29
Figura 27. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 20/3/17 a 25/3/17.....	30
Figura 28. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 27/3/17 a 1/4/17.....	30

	Página
Figura 29. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 3/4/17 a 8/4/17.....	31
Figura 30. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 10/4/17 a 15/4/17.....	31
Figura 31. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 17/4/17 a 22/4/17.....	32
Figura 32. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 3/4/17 a 8/4/17.....	32
Figura 33. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 1/5/17 a 6/5/17.....	33
Figura 34. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 8/5/17 a 13/5/17.....	33
Figura 35. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 15/5/17 a 20/5/17.....	34
Figura 36. Resultados de evaluar un análisis de paquetes TCPdump. Pérdida de paquetes.....	34
Figura 37. Resultados de evaluar un análisis de paquetes TCPdump. Sin pérdidas de paquetes.....	35

RESUMEN

El siguiente informe de graduación consiste en realizar un estudio de internet Ethernet dentro de las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala. El enfoque del estudio busca lugares como laboratorios o sitios donde el estudiante tiene acceso a internet de manera alámbrica. Se tiene como fin el poder brindar información clara y concreta para que dicho informe sea de utilidad para la Universidad y poder determinar si la misma funciona correctamente o en caso contrario, se evidencie el funcionamiento para poder optimizarla o implementar mejoras en un futuro.

Para llevar a cabo lo antes mencionado, es necesario contar con información sobre arquitectura de redes que permita el entendimiento absoluto de los temas a tratar. Para análisis de redes, ya existen herramientas que brinden dicho tipo de información, pero se busca poder implementar una herramienta que constantemente logre brindar información sobre el estado de la red. Es por ello que se pretende combinar distintas herramientas para poder realizar un trabajo de campo concreto y que de esta manera también los estudios hacia la red se puedan realizar en cualquier otro momento del tiempo.

La importancia de dicho documento es poder evidenciar la calidad de internet que se cuenta en los laboratorios J 201 y J 202 para que de esta manera se pueda determinar si existen oportunidades de optimización dentro de la red. La forma en la que se ataca el problema principalmente consta en instalar equipo hardware en una de las salidas dentro de los laboratorios y poder recopilar información de forma constante y eficiente. Es por ello que se hacen pruebas de calidad de internet cada treinta minutos.

Durante el análisis de los resultados que se obtuvieron en el trabajo de campo, es posible determinar que sí es posible optimizar la red. Al observar los resultados semana a semana es posible también poder encontrar aspectos específicos que hacen que la calidad de internet no sea constante. Es por ello que se hacen recomendaciones como regulación de flujo de internet, ampliación de enlaces de red, entre otras.

Por último, el trabajo de graduación pretende realizar la tarea con el principal propósito de poder aportar a la Universidad y así poder llegar a optimizar los servicios que se brinden para que de esta manera, el que cuente con el mayor beneficio siempre sea el estudiante. Ya que como estudiante, se está convencido que mientras más herramientas existan para acceder a información estudiantil, la formación de profesionales será cada vez más concreta.

I. INTRODUCCIÓN

El internet es una herramienta que hoy en día forma parte de la vida de un estudiante universitario. Para poder llevar a cabo esta tarea se utilizarán herramientas de análisis de datos al igual que equipo de hardware que ayuden a dicha recopilación. Durante el estudio se pretende determinar la calidad de internet que se experimenta durante doce (12) semanas para un estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala. Para ello se requerirá de conocimientos importantes acerca de las interconexiones de dispositivos al igual que arquitectura de redes alámbricas.

Todo el estudio se enfocará específicamente en lo que corresponden laboratorios y sitios donde su conexión sea a través de cable Ethernet y el estudiante tenga acceso. Con los resultados se pretende brindar soluciones que optimicen el rendimiento del mismo si es que es necesario. Es por ello que se buscará conocer a detalle métodos que corresponden a un mejor desempeño dentro de una red alámbrica. Uno de ellos puede ser el manejo de negociación de entrega de paquetes o el manejo de distintas rutas para evitar pérdidas y por ende lograr mejorar que la experimentación de un usuario sea mejor. Por último, todo el estudio se hará con base estadística para que de esta manera indiquen el comportamiento que se tuvo durante todo el trabajo y así, poder observar tendencias del servicio.

II. OBJETIVOS

A. GENERALES

1. Brindar soluciones para una mejor experiencia en la red alámbrica de internet.

B. ESPECÍFICOS

1. Determinar si es posible la optimización de la red alámbrica del internet al servicio del estudiante en la Universidad del Valle de Guatemala desde la capa de aplicación.
2. Determinar si el equipo con el que se cuenta actualmente cumple con los resultados esperados.
3. Conocer las diferentes modalidades de optimización dentro de una red alámbrica.
4. Determinar las oportunidades de optimización y mejora de la salida a internet de la Universidad del Valle de Guatemala

III. JUSTIFICACIÓN

El uso del internet durante los últimos años ha incrementado globalmente haciendo que el uso de herramientas de estudio físicas, como libros por ejemplo, vaya decreciendo. Haciendo de esta manera que el estudiante tienda a buscar textos de forma digital que agilicen el acceso a dichas herramientas de textos. De igual forma, se experimenta tutoriales en línea que hacen más rica el aprovechamiento de la herramienta del internet. No está de más mencionar que existen ahora también la posibilidad de poder obtener grados académicos a través de esta misma vía. Es por ello que el motivo de realizar el estudio de la calidad de internet en la Universidad del Valle de Guatemala se enfoca principalmente en optimizar, sea el caso, los recursos para que la experiencia sea lo mejor posible. Se trabajará específicamente en el área alámbrica ya que se pretende brindar resultados estadísticos semanalmente para que de esta manera se puedan observar las tendencias del comportamiento del internet a distintas horas y días. Los resultados a brindar se enfocan en dar a conocer lo que experimentan aquellos estudiantes donde sus tareas las realizan en los laboratorios de la Universidad.

La tarea se enfoca en determinar la velocidad de descarga y de subida, el porcentaje de paquetes perdidos y latencia. Todo el proceso de investigación y análisis brindará un amplio conocimiento acerca de redes y como poderla optimizar. Con dicho estudio se busca que la Universidad cuente con un estudio sobre el desempeño que día a día se experimenta como usuario. Por último, se tiene como objetivo el poder proveer equipo capaz para llevar a cabo la ejecución de esta tipo de tareas a un accesible costo.

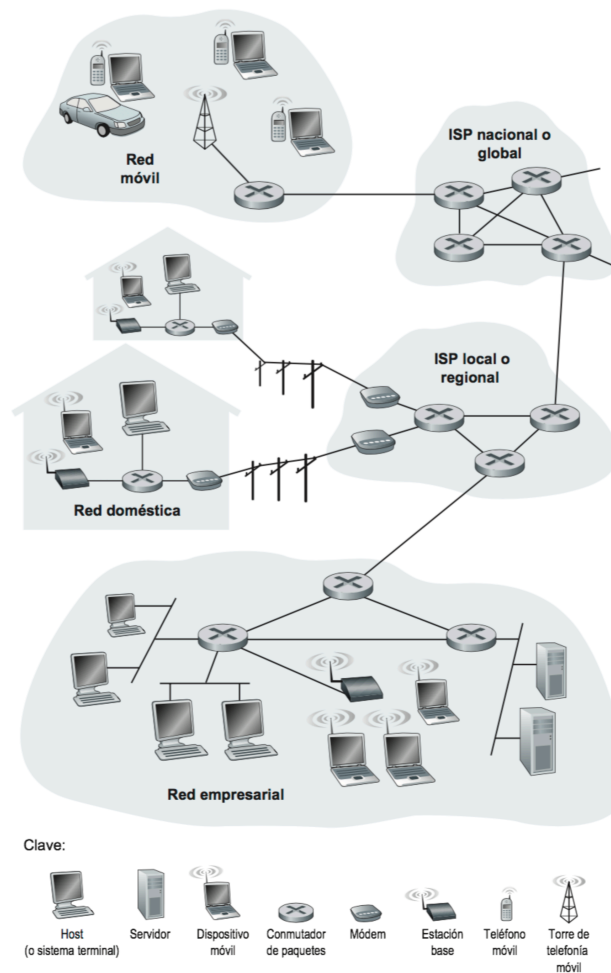
IV. MARCO TEÓRICO

A. REDES DE INTERNET

El internet es descrito como dos elementos muy importantes. Una de ella está compuesta por todo lo que corresponde al equipo Hardware y Softwares básicos. La segunda de ella se puede describir como todo lo que corresponde a la infraestructura que forma el internet. Dentro del término internet, todos aquellos dispositivos que son denominados “hosts” o sistemas terminales. (Kurose y Rose, 2012)

1. Descripción de componentes. Los equipos son interconectados entre sí mismos por medio de redes de enlaces de comunicación y dispositivos de computación de paquetes. La interconexión física puede ser mediante cable coaxial, hilo de cobre, fibra óptica, entre otros. Todos los enlaces pueden llegar a transmitir datos a distintas velocidades en la cual éstos son medidos en bits/segundo. Los paquetes de información resultantes se envían a través de la red hasta el sistema terminal receptor. (Kurose y Rose, 2013)

Figura 1. Componentes esenciales que forman parte de internet



(Kurose y Rose, 2013)

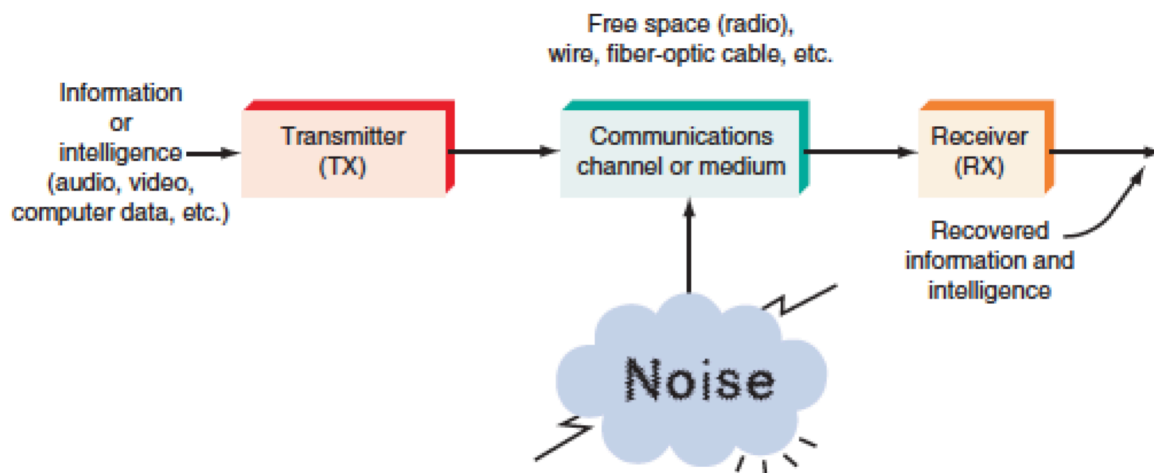
2. Transmisor. El transmisor es el primer paso para que el envío de la información se lleve a cabo. Un transmisor está conformado por osciladores, amplificadores, filtros, moduladores, entre otros. Un ejemplo de un transmisor puede ser un micrófono el cual está encargado de trasladar el sonido a un electrodoméstico de audio. (Kurose y Rose, 2013)

3. Receptor. Un receptor es un componente electrónico que al igual que el transmisor, está conformado por osciladores, amplificadores, filtros, moduladores y otro tipo elementos electrónicos. La diferencia fundamental entre un receptor y un transmisor es que éste cuenta con un demulador o detector capaz de recuperar la señal transmitida. (Kurose y Rose, 2013)

4. Canal de comunicación. El canal de comunicación es el medio en el cual todas las señales eléctricas son transmitidas de un lugar a otro. (Kurose y Rose, 2013)

5. Ruido. El ruido siempre existe en el ámbito de la electrónica. El ruido es percatado por los receptores y pueden llegar a afectar los resultados obteniendo datos erróneos. Este fenómeno es tratado con componentes que contribuyan a tener la menor cantidad de ruido posible. (Kurose y Rose, 2013)

Figura 2. Sistema de comunicación



(Frenzel, 2016)

B. MEDIOS FÍSICOS DE CANAL DE COMUNICACIÓN

Los medios físicos corresponden a todos aquellos materiales que hacen posible la comunicación punto a punto. A continuación se mostrará una tabla donde detalla los tipos comunes de cables trenzados los cuales son útiles para lograr la transferencia de datos:

Cuadro 1. Categorías de cable de comunicación

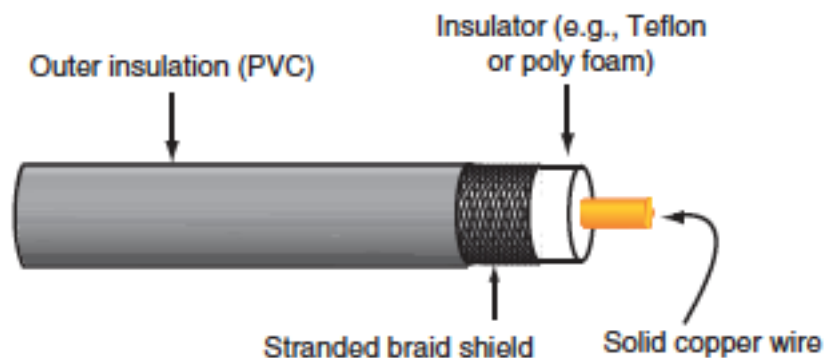
Categoría	Ancho de Banda	Impedancia
1	Únicamente voz	75 – 100
2	4 MHz	100
3	10 – 15 MHz	100
4	16 – 20 MHz	100
5	100 MHz	100
6	250 MHz	100
6a	500 Mbps	100
7	600 MHz	100
7a	1000 MHz	100
8	1600 – 2000 MHz	100

El largo del cable está considerado a 100 metros

(Frenzel, 2016)

1. Cable coaxial. El cable coaxial consta de dos conductores de cobre. Dicho cable puede proporcionar velocidades de transmisión de bits de 1Mbps o superiores. El cable coaxial puede ser utilizado como medio de compartido guiado el cual corresponde a que una serie de sistemas terminales pueden estar conectados de forma directa al cable, el cual actúa recibiendo todo lo que se envíe a los otros sistemas terminales. (Kurose y Rose, 2013)

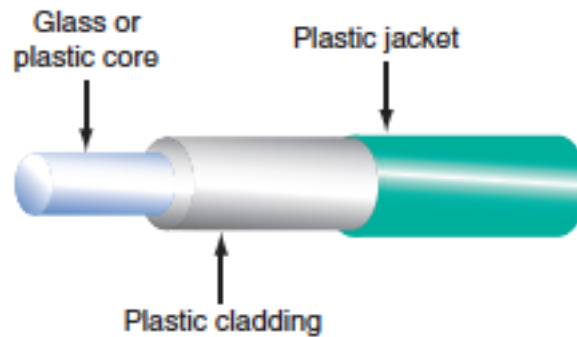
Figura 3. Representación de cable coaxial



(Frenzel, 2016)

2. Fibra óptica. La fibra óptica es un medio que conduce pulsos de luz, representando cada pulso un bit. Un cable de fibra óptica puede alcanzar velocidades entre el rango de 51.8 Mbps a 39.8 Gbps (Kurose y Rose, 2013). Dicho medio físico es inmune a interferencias electromagnéticas, haciendo que se presenten atenuaciones muy bajas hasta una distancia de 100 kilómetros.

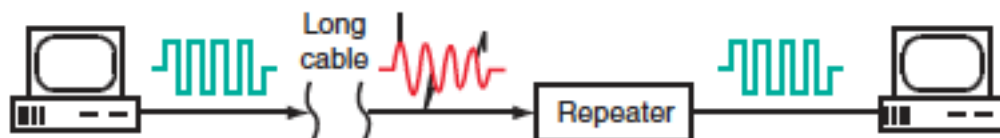
Figura 4. Representación de un cable de fibra óptica



(Frenzel, 2016)

3. Repetidoras. Las repetidoras están encargadas de amplificar la señal que se está transmitiendo. Dicho fenómeno ocurre a largas distancias, es decir, cuando se está llevando el cable de transmisión a distancias muy largas la señal se empieza a degradar. Una repetidora es un componente electrónico encargado de llevar a la señal como se desea y no existan pérdidas.

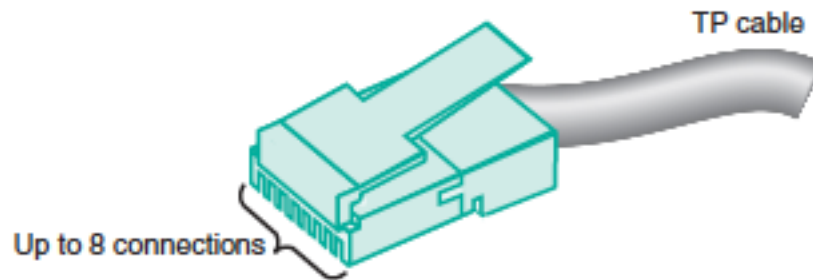
Figura 5. Representación de la función de una repetidora



(Frenzel, 2016)

4. Conectores. Existen distintos tipos de conectores para la conexión entre dispositivos. El RJ-45 contiene ocho conectores por lo que cuenta con cuatro pares trenzados para su conexión eléctrica. La mayoría de conexiones LAN utilizan este tipo de conectores.

Figura 6. Representación de un conector



(Frenzel, 2016)

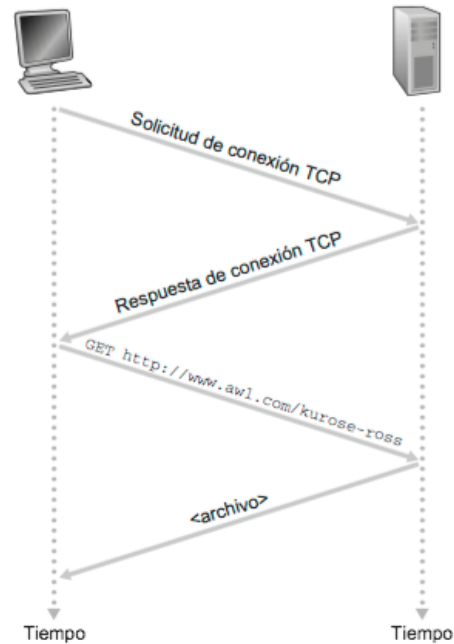
C. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

Los sistemas acceden a Internet a través de los ISP (Internet Service Provider, Proveedor de servicios de Internet). Este acceso incluye todos aquellos ISP que corresponden a telefónicas o cables locales, como parte de los ISP residenciales, al igual que los universitarios o lugares públicos. Los ISP brindan una amplia variedad de tipos de accesos a la red. Los accesos más conocidos que brinda los ISP corresponden a accesos de banda ancha residencial mediante módem por cable o DSL, acceso LAN (Local Area Network) de alta velocidad y acceso inalámbrico. (Kurose y Rose, 2013)

1. Protocolos. Todos los sistemas terminales ejecutan protocolos que controlan el envío y recepción de información dentro de la red de Internet (Kurose y Rose, 2013). El protocolo permite que exista comunicación entre dos o más dispositivos. Un protocolo puede ser interpretado por un equipo Hardware o Software.

2. TCP. El protocolo TCP (Transmission Control Protocol, Protocolo de control de transmisión) es uno de los más importantes dentro del Internet. Dicho protocolo es una forma segura de poder enviar paquetes debido al acuse de recibido (ACK) que contiene el mismo. (Kurose y Rose, 2013)

Figura 7. Representación de la funcionalidad de TCP



(Kurose y Rose, 2013)

3. IP. El protocolo IP (Internet Protocol, Protocolo de Internet) es uno de los más importantes dentro del Internet, junto con TCP. El mismo especifica el formato de los paquetes que se envían y reciben entre los equipos como routers y los sistemas terminales. (Kurose y Rose, 2013)

4. TCP/IP. Los principales protocolos de Internet se conocen como el protocolo TCP/IP el cual se complementa con las definiciones ya brindadas. (Kurose y Rose, 2013)

D. RED ALÁMBRICA LAN

1. Wide-Area Networks WANs. Los sistemas WANs son utilizados principalmente para sistemas telefónicos.

2. Metropolitan-Area Networks MANs. Los sistemas MANs son las más pequeñas. Son encargadas de los sistemas de televisión en su mayoría.

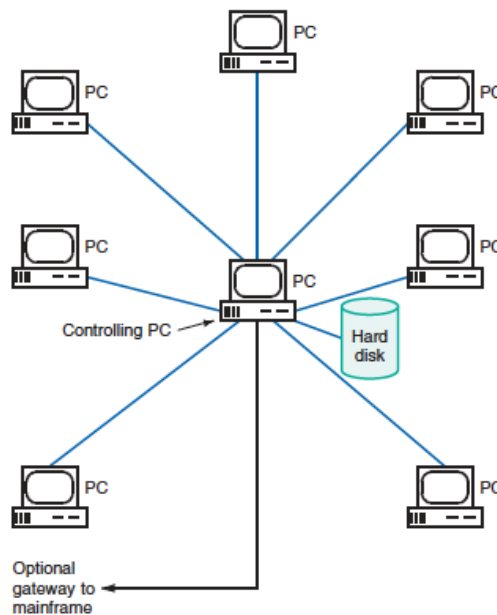
3. LAN. LAN (Local-Area Network) es el tipo más pequeño de red que es de uso general. Consiste principalmente en la interconexión local de computadoras. Dicha interconexión puede llegar a tener miles de usuarios conectados. Un ejemplo, en LANs más grandes, es la interconexión entre edificios que es lo que grandes compañías utilizan. (Frenzel, 2016)

a. Aplicaciones de LAN. El común denominador entre todas las LANs es la comunicación de información. Todos los nodos son vinculados para transmitir y recibir información, tales como software, bases de datos, mensajes personales, entre otros. (Frenzel, 2016)

4. Topología. Dentro de las topologías de una red, las más comunes corresponden a una configuración estrella, anillo y bus. Las tres topologías son aplicables a todas las redes antes mencionadas (LAN, MAN, WAN). (Frenzel, 2016)

a. Topología estrella. Una topología estrella básica consiste en que existe un nodo central donde están interconectadas todas las estaciones. La incorporación de nuevos equipos a la red es relativamente sencilla. Su desventaja es que debido a que todo el tráfico pasa por el nodo principal, el hecho que el servidor principal disminuya, todos los demás servidores se verán afectados. (Frenzel, 2016)

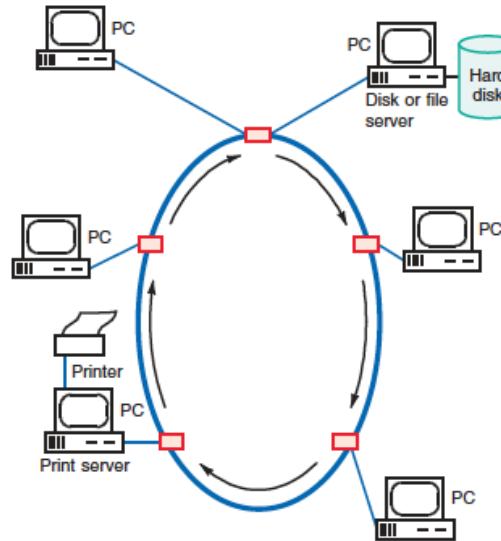
Figura 8. Representación de una topología estrellera



(Frenzel, 2016)

b. Topología anillo. La topología anillo consta principalmente en que todos los usuarios están conectados a un circuito cerrado. La incorporación de nuevos equipos es relativamente sencilla ya que un nuevo nodo puede ser instalado dentro del anillo cerrado sin ninguna alteración a los vecinos. La desventaja de dicha configuración es que el fallo de un solo nodo, generaría un fallo en toda la red. (Frenzel, 2016)

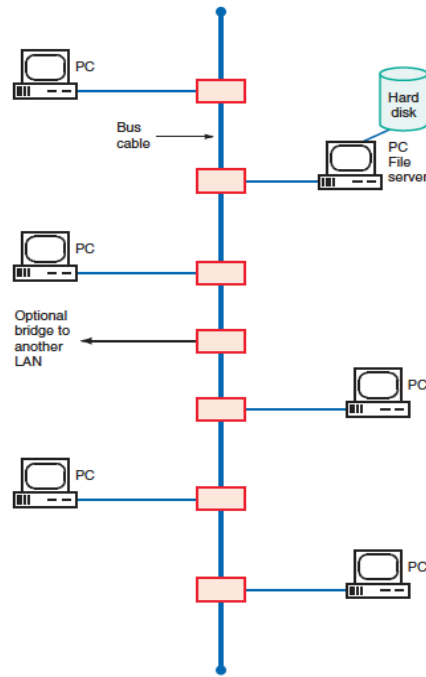
Figura 9. Representación de una topología anillos



(Frenzel, 2016)

c. Topología bus. Este tipo de topología consta únicamente en que todos los equipos están conectados a un cable común. Una de sus ventajas es que es posible transmitir en cualquier dirección lo cual lo hace más rápida, pero su desventaja es que únicamente una señal a transmitir puede ser destinada a un nodo.

Figura 10. Representación de una topología bus



(Frenzel, 2016)

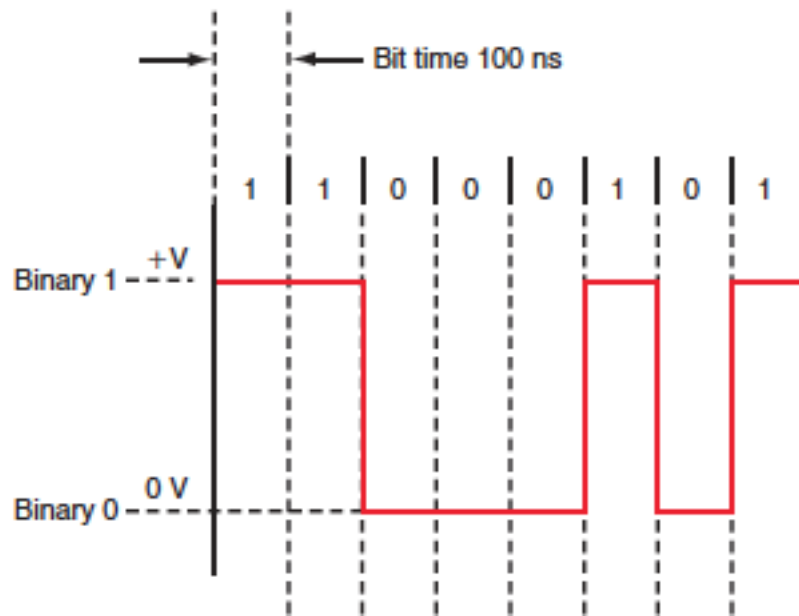
E. ETHERNET

Ethernet forma parte de muchos de los tipos de tecnologías LAN (Local Area Network). Todos los usuarios a este tipo de tecnología usan cable de cobre de par trenzado para poder conectarse a un switch Ethernet el cual brinda acceso a Internet. Con acceso a Ethernet, un usuario dispone de velocidades de acceso de 100 Mbps (Mega bits por segundo) y sus servidores pueden llegar a alcanzar velocidades entre 1 a 10 Gbps (Giga bits por segundo). (Kurose y Rose, 2013)

Las primeras versiones de Ethernet solían utilizar la topología bus. Hoy en día la topología más utilizada para esta tecnología es la configuración estrella. (Frenzel, 2016)

1. Codificación. Ethernet utiliza métodos de transmisión de datos en banda base. Esto quiere decir que los datos transmitidos se colocan directamente en el medio de bus. Antes de la transmisión la información binaria es codificada en una variación única de código binario conocido como “Manchester code” (Código de Manchester)

Figura 11. Representación de la funcionalidad de codificación



(Frenzel, 2016)

2. Velocidad de transmisión. La tasa de transmisión estándar de un básico Ethernet LAN es de 10 Mbps. (Frenzel, 2016)

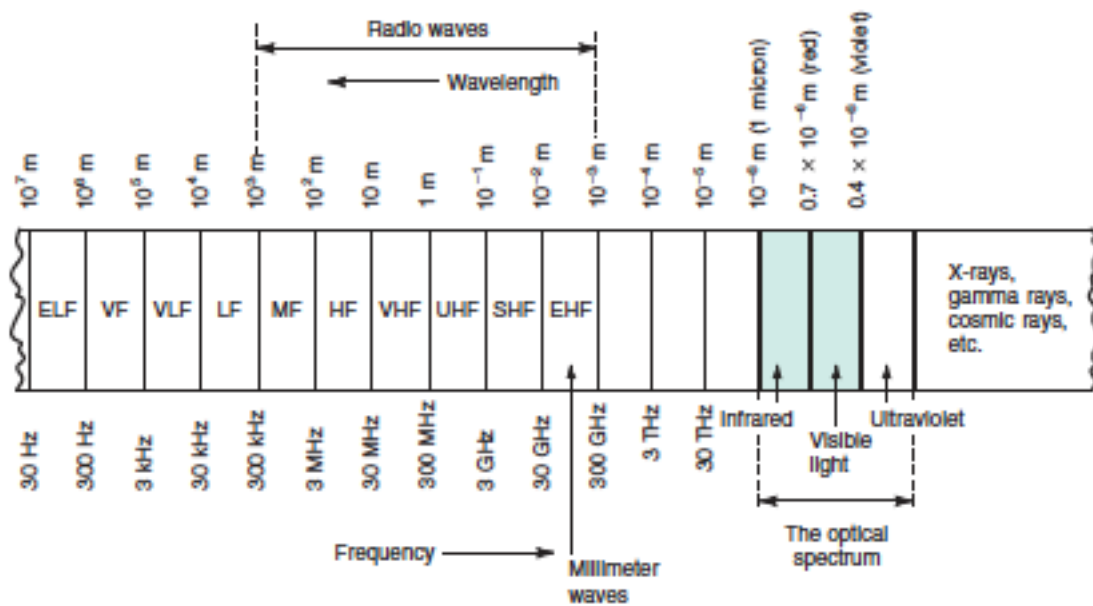
a. Fast Ethernet. La tasa de transmisión dentro de esta categoría llega a ser entre el rango de 1Gbps o 10 Gbps. Existen también dentro de esta categoría el 100-Mbps Ethernet, Gigabit Ethernet y 10-Gbit Ethernet; donde cada uno de sus nombres por sí solos brinda la información de la tasa de transmisión a la cual puede llegar. Esto es posible utilizando distintos materiales de medios físicos de transmisión. Fibra óptica por ejemplo. (Frenzel, 2016)

3. Wireless LANs. La característica principal de este tipo de tecnología es que, como su nombre lo dice, la transferencia de datos es sin cables. Toda su comunicación es por receptores que trabajen también con redes inalámbricas. Esta tecnología se comunica vía radio con sus routers y módems. (Frenzel, 2016)

F. ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

El espectro electromagnético corresponde a señales oscilantes. El hecho que dichas señales oscilen significa que la amplitud del campo magnético y eléctrico de las mismas, cambian a una tasa específica. Las ondas electromagnéticas tienen un comportamiento senoidal. Éstas son medidas en Hertz (Hz) o en ciclos por segundo (cps) según mejor convenga. Se denomina espectro electromagnético la gama de señales que abarca todas las frecuencias. (Frenzel, 2016)

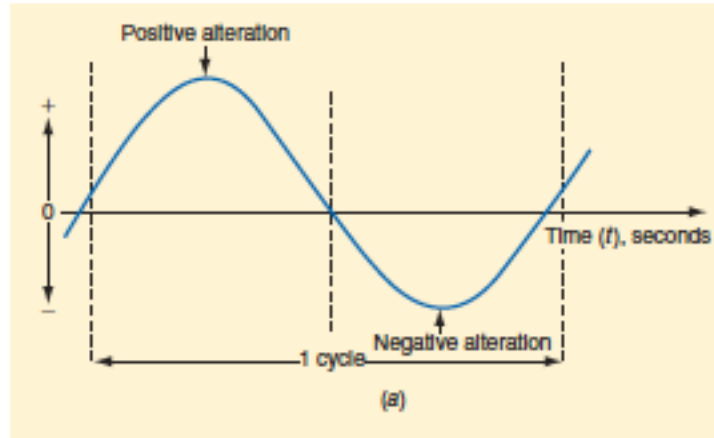
Figura 12. Representación de un espectro electromagnético



(Frenzel, 2016)

1. Frecuencia. Frecuencia es el numero de veces que ocurre un fenómeno particular en un periodo de tiempo dado. Enfocado a electrónica, la frecuencia es el numero de ciclos que una onda se da en un tiempo determinado. (Frenzel, 2016)

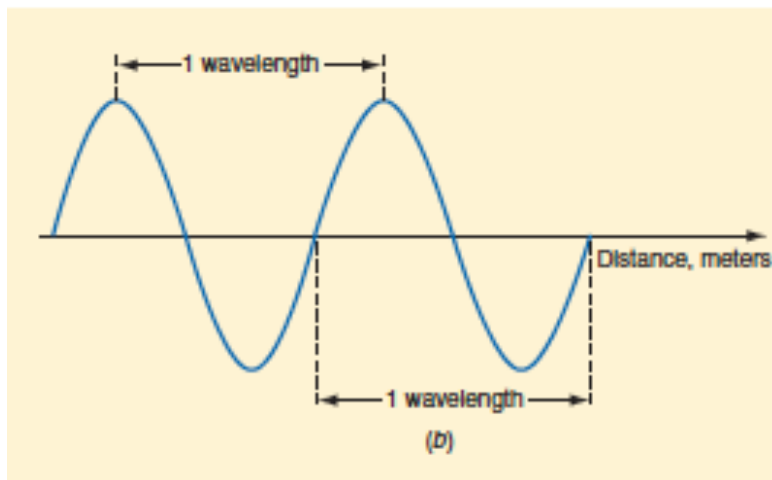
Figura 13. Representación de una frecuencia



(Frenzel, 2016)

2. Longitud de onda. Longitud de onda es la distancia que cuenta un ciclo de una onda electromagnética. La misma es expresada en metros por segundo.

Figura 14. Representación de una longitud de onda

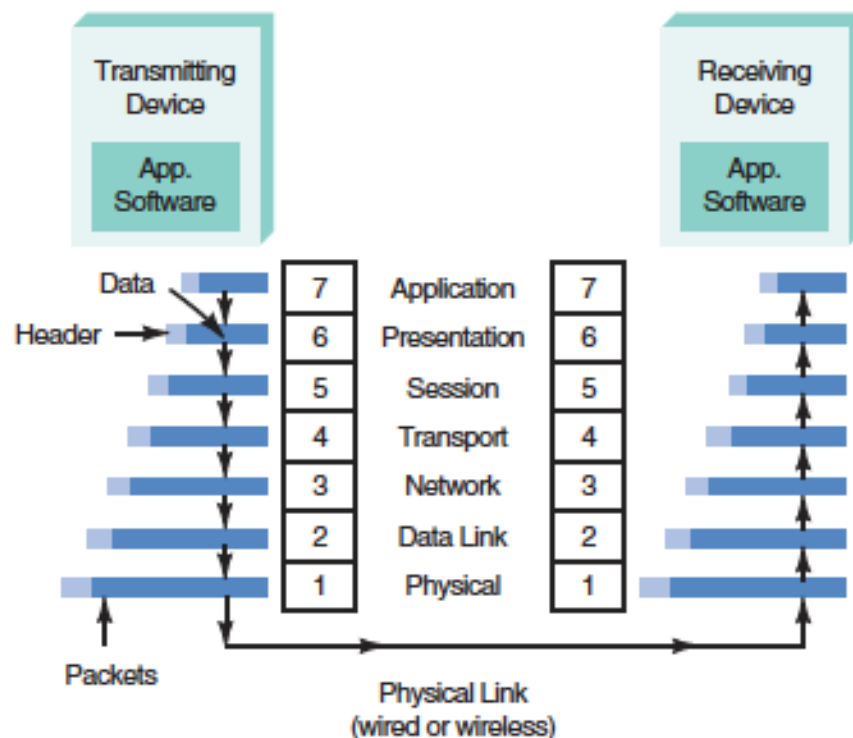


(Frenzel, 2016)

G. MODELO OSI

El modelo OSI (International Organization for Standardization) surge debido a la necesidad de una estandarización de configuración hardware-software para la comunicación entre sistemas debido a la variedad de protocolos. Es por ello que dicha organización, OSI, crea una jerarquía para la interconexión de sistemas abiertos y principalmente está diseñado para establecer la interoperabilidad general de directrices (Frenzel, 2016). La jerarquía OSI se compone por siete distintos niveles o, como se le conoce, capas. Prácticamente dicha estandarización está diseñada para manejar mensajes que se reciben ya sea de capas superiores o inferiores; de igual forma a la hora de envío de información o paquetes. (Frenzel, 2016)

Figura 15. Representación de un modelo OSI



(Frenzel, 2016)

1. Capa física. En la capa física se encuentran las conexiones eléctricas. Es aquí donde todos los sistemas de comunicación se definen. Esta capa se encarga de especificar las características de la interfaz; como por ejemplo los niveles de voltaje binario, métodos de codificaciones, velocidades de transferencias de datos, entre otros. (Frenzel, 2016)

2. Capa de enlace de datos. En la capa de enlaces de datos se determinan los momentos en el cual el dispositivo puede enviar los datos. En dicha capa se encuentran protocolos básicos tales como HDLC (High Level Data Link Control, control de enlace de datos de alto nivel) y SDLC (Synchronous Data Link

Control, control síncrono de datos). Aquí también se identifica si existen errores al igual que se trabaja en la corrección de los mismos.

3. Capa de red. La capa de red determina qué ruta física enviar los paquetes. Esto lo determina determinando las condiciones en la cuál se encuentre la red al momento de enviar los paquetes. (Freznal, 2016)

4. Capa de transporte. En la capa de transporte existe la comunicación de punto a punto entre dispositivos finales. Es dicha capa se verifican si la entrega de paquetes ha sido completamente exitosa, sin perdidas, al igual que el poder manejar el tráfico que se encuentra en la red. Esto con el principal objetivo de evitar errores graves, tales como overflow, por ejemplo. (Freznal, 2016)

5. Capa de sesión. La capa de sesión se encarga del procedimiento del inicio y cierre de sesiones. Dicha capa determina la disponibilidad de la red para poder procesar y almacenar datos transferibles. (Freznal, 2016)

6. Capa de presentación. En la capa de presentación se define el formato de datos. Esto abarca a todo lo que se relacione con codificación, decodificación, encriptación, descifrado y negociaciones de datos. En dicha capa se define cualquier tipo de traducción de código requerida y establece los parámetros para cualquier tipo de operación gráfica. (Freznal, 2016)

7. Capa de aplicación. La capa de aplicación es la más alta de todas. Es aquella encargada de proveer interfaces. (Freznal, 2016)

H. RENDIMIENTO DE INTERNET

1. Download speed (velocidad de descarga). Es la velocidad con la que se extraen datos del servidor. Las conexiones, en su mayoría, están diseñadas para que se descarguen datos más rápidos de los que se suben. Como por ejemplo el cargar páginas web o videos en Streaming. Dicha velocidad se mide en megabits por segundo (Mbps)

2. Upload speed (velocidad de carga o subida). Es la velocidad con la que se envían datos de la computadora personal hacia otros medios. La carga es necesaria para el envío de archivos grandes a tres de correos electrónicos, por ejemplo. De igual forma, la misma se mide en megabits por segundo (Mbps)

3. Ping (latencia). Es aquel tiempo de reacción de la conexión con la que actualmente se cuenta, es decir, que tan rápido se obtiene una respuesta luego de haber enviado dicha solicitud. Mientras más bajo sea el valor obtenido por el ping quiere decir que se cuenta con una conexión sensible. Excelente para

aplicaciones donde el tiempo es fundamental, como los videojuegos en línea por ejemplo. El ping se mide en milisegundos (ms)

4. Ancho de banda. El ancho de banda se refiere a la cantidad de información que es posible enviar a través de una conexión de red en un tiempo determinado. El ancho de banda se mide en bites por segundo (bps) y sus derivados.

I. PROTOCOLO IEEE ESTÁNDAR 802.3

El protocolo pretendía estandarizar Ethernet. El mismo define que tipo de cableado se permite utilizar y cuales son las características de la señal que se transportará. La especificación de la estandarización menciona que se permite transportar una señal de 10 Mbps a 500 metros.

V. DISEÑO EXPERIMENTAL

A. MATERIALES

1. Raspberry Pi. Para la implementación del trabajo de campo se hizo uso de equipo Hardware. En esta ocasión se hizo uso de una Raspberry Pi 2. Para su implementación es posible utilizar equipo ya mencionado o recientes, tales como Raspberry Pi 3. En el siguiente cuadro se muestran las especificaciones del equipo utilizado:

Cuadro 2. Especificaciones del equipo utilizado

Modelo de Raspberry	Raspberry 2, modelo B
Memoria RAM	1 Gb (Giga bite)
Sistema operativo y versión	Raspbian Jessie. Versión marzo 2017

Adicionalmente se utilizaron artefactos que complementaron el uso de la Raspberry Pi 2. Estos fueron:

1. Cable de poder de 5 volts
2. Cable UTP con conectores para Ethernet
3. Protector plástico

B. IMPLEMENTACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL EQUIPO

1. Herramientas. Hoy en día existen muchas plataformas que cuentan con distintas herramientas para poder analizar el desempeño de una red. Para ésta experimentación se implementó una máquina que fuese capaz de hacer capturas del desempeño de la red durante determinado tiempo y de esta manera poder observar con forme el tiempo, las tendencias de la calidad de internet. Luego de ello, para complementar el estudio se implementó, siempre en la misma máquina, en análisis de tráfico en la red. Esto con el objetivo de poder asociar la calidad del servicio y poder determinar si se pierden paquetes durante el tráfico diario de la red.

Es por ello que para poder llevar a cabo dicha tarea, se configuraron distintos programas al sistema.

a. Speedtest-cli. Para principiar, se estableció que la prueba a utilizarse debe poder ser capaz de medir la velocidad de descarga, velocidad de carga o subida y la latencia. Es por ello que se utiliza la herramienta speedtest-cli el cual se ejecuta por medio de la terminal del equipo. Dicha herramienta toma los servidores de la página speedtest.net y la misma para llevar a cabo la función, se ejecuta en el lenguaje de programación Python. Para su instalación se ejecutaron en terminal del sistema operativo los siguiente comandos:

Para principal se actualiza el equipo en su ultima versión:

- `sudo raspi-config`
- `sudo apt-get update`

Luego de que el equipo se actualice, se procede a instalar la herramienta que ayudará al estudio del comportamiento de la red. Se instala Python

- `sudo apt-get install python-pip`

Se instala la herramienta speedtest-cli con los siguientes comandos

- `sudo pip install speedtest-cli`
- `sudo pip install speedtest-cli --upgrade`

Es importante mencionar que dentro del sistema operativo, para que un archivo sea ejecutable, se debe escribir en terminal el siguiente comando:

- `sudo chmod +x /ubicacion_del_archivo/`

En esta ocasión se desea que el archivo `speedtest_cli.py`

De esta manera se obtiene un archivo base el cual es útil para poder llevar a cabo la prueba de la velocidad de descarga, velocidad de carga o subida y latencia. Para rectificar que la herramienta instalada funciona de la forma que se espera, se utiliza el siguiente comando en la terminal del sistema operativo:

- `speedtest-cli`

Obteniendo un resultado similar al siguiente:

Figura 16. Resultado de ejecutar en terminal de sistema operativo el comando `speedtest-cli`

```
PING: 480.679 ms
DONWLOAD: 0.39 Mbit/s
UPLOAD: 3.26 Mbit/s
```

Luego de que ya se contaba con la herramienta funcionando correctamente, se decide modificar el código que brinda la herramienta agregándole credenciales. Esto con el objetivo de poder representar los resultados en una plataforma en tiempo real, la cual se dará detalle de la misma más adelante. En la modificación del código únicamente se estableció que los resultados que brindará la prueba fuese breve en únicamente brindar tres valores, los cuales fueron la velocidad de descarga, velocidad de carga o subida y la latencia; dejando a un lado la información adicional que brinda la herramienta tales como el proveedor, IP, visualización de la corrida de la prueba, entre otros.

b. Crontab. Seguido de ello se utiliza una herramienta propia del sistema operativo Raspbian es cual se denomina “crontab”. La misma es útil para ejecutar cualquier tipo de programa, tales como Python y Scripts, a diferentes horas, días, meses y años. Con dicha herramienta se configuró la cantidad de veces que se deseaba realizar una prueba a la red. Para su configuración se utilizaron los siguientes comandos:

Para principiar, entramos a la herramienta crontab y la editamos

- `sudo crontab -e`

De esta manera el usuario decide las características de modificación que de sea ejecutar en determinado tiempo. El formato que brinda la herramienta está de la siguiente forma:

MINUTO HORA DÍA MES DÍA_DE_LA_SEMANA /UBICACIÓN DEL ARCHIVO A EJECUTAR

Teniendo conocimiento de cómo configurar la herramienta, el trabajo de campo se implementó ejecutando el programa de prueba de velocidad cada treinta minutos de siete de la mañana a veintiuna y media horas de lunes a viernes. Al igual que de siete de la mañana a trece horas y media de la tarde los días sábados. Cubriendo así el ciclo estudiantil de la semana. El formato utilizado se estableció de la siguiente forma:

```
*/30 07-21 * * 1-5 /home/pi/test.py
*/30 07-21 * * 6 /home/pi/test.py
```

En la primera configuración, da a conocer que cada treinta minutos, de siete a veintiuna horas, todos los días del mes, todos los meses, de lunes a viernes, se ejecutará el programa Python (.py) que se encuentra ubicado en las carpetas home proseguido de pi.

Con respecto a la segunda configuración, su secuencia es la misma a la antes ya mencionada con la única diferencia en que se ejecutara el programa de siete a trece horas los días sábados. Estableciendo así una forma ideal para que el programa fuese automatizado y sacará adelante los resultados.

c. ThinkSpeak. Finalmente, la plataforma que se utilizó para poder representar los resultados en tiempo real se denomina ThingSpeak. Dicha plataforma brinda la oportunidad de ser utilizada por medio de ejecuciones de programas, preferiblemente Python. Por medio de códigos únicos y APIs es posible ir agregando los valores que el usuario desee. Para su configuración se llevaron a cabo lo siguientes pasos:

El sitio de internet corresponde al siguiente enlace <https://thingspeak.com>

Como nuevo usuario, se crea una cuenta y todo lo correspondiente a dicho tipo de procedimientos. Lo fundamental es que dentro de las opciones del sitio se encuentra una denominada “API Keys” que como antes mencionaba eran las claves, por así llamarlas, que permite poder agregando valores a las gráficas que como usuario se deseen.

Figura 17. Representación de los códigos para poder escribir sobre plataforma.

Write API Key

Key: NBY77TU9HWXBENGQ

Generate New Write API Key

Read API Keys

Key: QYBJJ0YG30Y3YMR9

Note: [Empty text area]

Save Note Delete API Key

Generate New Read API Key

Help

API keys enable you to write data to a channel or read data from a private channel. API keys are auto-generated when you create a new channel.

API Keys Settings

- **Write API Key:** Use this key to write data to a channel. If you feel your key has been compromised, click **Generate New Write API Key**.
- **Read API Keys:** Use this key to allow other people to view your private channel feeds and charts. Click **Generate New Read API Key** to generate an additional read key for the channel.
- **Note:** Use this field to enter information about channel read keys. For example, add notes to keep track of users with access to your channel.

Create a Channel

```
POST https://api.thingspeak.com/channels.json
api_key=4AD1CVSNI9LQ5V4
name=My New Channel
```

Update a Channel

```
PUT https://api.thingspeak.com/channels/237220
api_key=4AD1CVSNI9LQ5V4
name=Updated Channel
```

Clear a Channel

```
DELETE https://api.thingspeak.com/channels/237220/feeds.json
api_key=4AD1CVSNI9LQ5V4
```

Es por ello que dichos valores son de suma importancia que se conserven de forma segura ya que son el acceso a los datos.

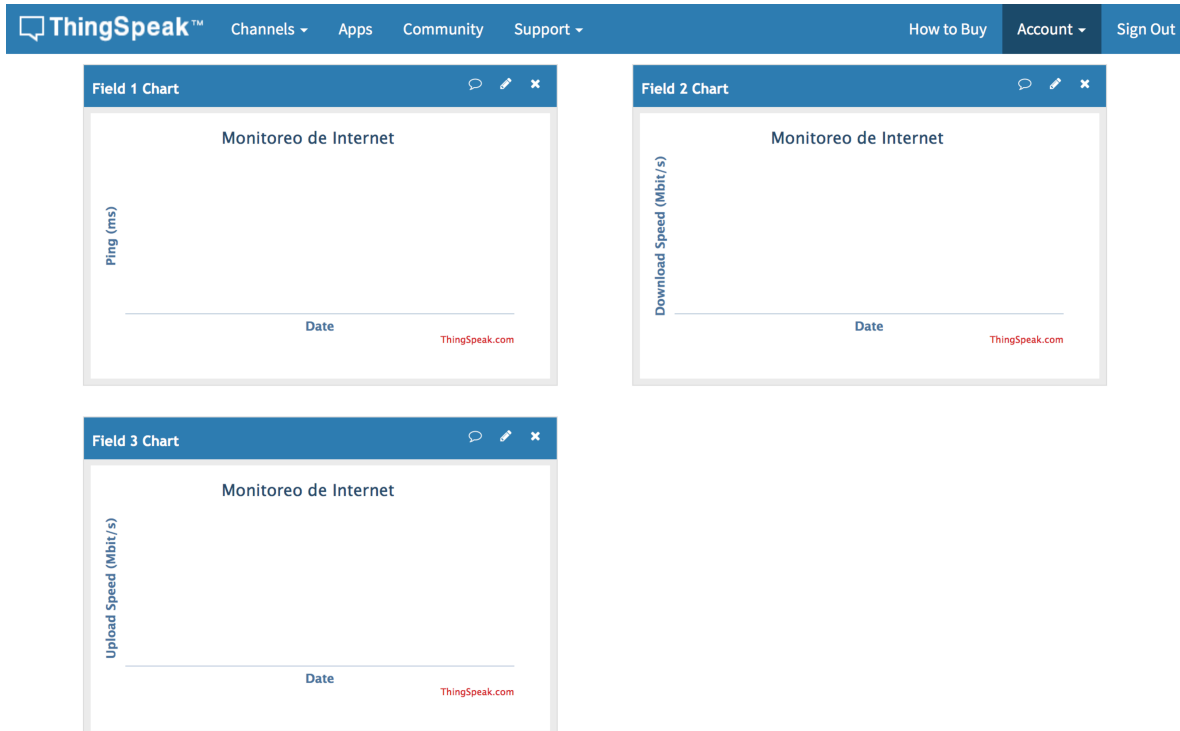
Para su configuración dentro de la herramienta Python, que es donde la prueba de velocidad fue montada, se debe es importante contener los valores netos dentro de variables tipo “float”.

Figura 18. Representación de cómo escribir en la plataforma ThinkSpeak por medio de la herramienta Python.

```
key = 'NBY77TU9HWXBENGQ'
params = urllib.urlencode({'field1': PING, 'field2': DOWNLOAD, 'field3': UPLOAD, 'key':key })
headers = {"Content-type": "application/x-www-form-urlencoded", "Accept": "text/plain"}
conn = httplib.HTTPConnection("api.thingspeak.com:80")
try:
    conn.request("POST", "/update", params, headers)
    response = conn.getresponse()
    print temp
    print response.status, response.reason
    data = response.read()
    conn.close()
except:
    print ""
```

En la siguiente figura se puede observar la configuración que se debe programar para poder obtener los resultados en la plataforma ThingSpeak. Es importante mencionar que en las variables que se muestran en la segunda línea de comando (*PING*, *DOWNLOAD*, *UPLOAD*) son aquellas que guardan el valor que se desea plotear. Con respecto a la configuración que se ve anexa denominada “*field*” eso nombre en qué gráfica se colocará dicho valor. Por ejemplo, en la primera gráfica se guardará siempre el valor de la variable PING cada vez que dicho código se ejecute.

Figura 19. Representación de cómo se observan las gráficas a utilizar en la plataforma.



En la siguiente figura se muestra cómo se observan las gráficas dentro de la plataforma. Las mismas son modificables, en el sentido de nombres de ejes, siempre dentro de los ajustes de dicha plataforma.

d. TCPdump. Para complementar las pruebas que se realizaban con la herramienta speedtest-cli, se implementó también TCPdump. La misma es una herramienta que determina si existe pérdida de paquetes cuando ésta se ejecuta., o dicha en otras palabras analiza el tráfico en la red. Cuenta con la disponibilidad de poder realizar el estudio utilizando la cantidad de paquetes que el usuario desee al igual que el peso de los mismo. Este utensilio se ejecuta en la terminal del sistema operativo de la Raspberry Pi, Raspbian. Los comandos que se utilizaron fueron los siguientes :

En primer lugar hacemos una búsqueda en línea de aquellos comandos que tengan relación con tcpdump para hacer una búsqueda de la herramienta

- `sudo apt-cache search tcpdump`

Luego de lo desplegado en pantalla, seleccionamos que instale la herramienta tcpdump

- `sudo apt-get install tcpdump`

Y de esta manera ya se cuenta instalado en el equipo. Es por ello que con el fin de adaptar la nueva herramienta a lo anterior, se decide analizar el tráfico de la red, conjunto con la prueba de velocidades, cada treinta minutos y siempre los mismos tiempos y días ya antes mencionados. TCPdump tiene la opción de poder analizar una cantidad específica de paquetes, es por ello que como usuario se decide por analizar cien paquetes con un peso total de 50 (cincuenta) mega bytes (MB) aproximadamente cada uno. Esto se realiza con el siguiente comando

- `sudo tcpdump -c 100 -s 65532 -w NOMBRE.pcap`

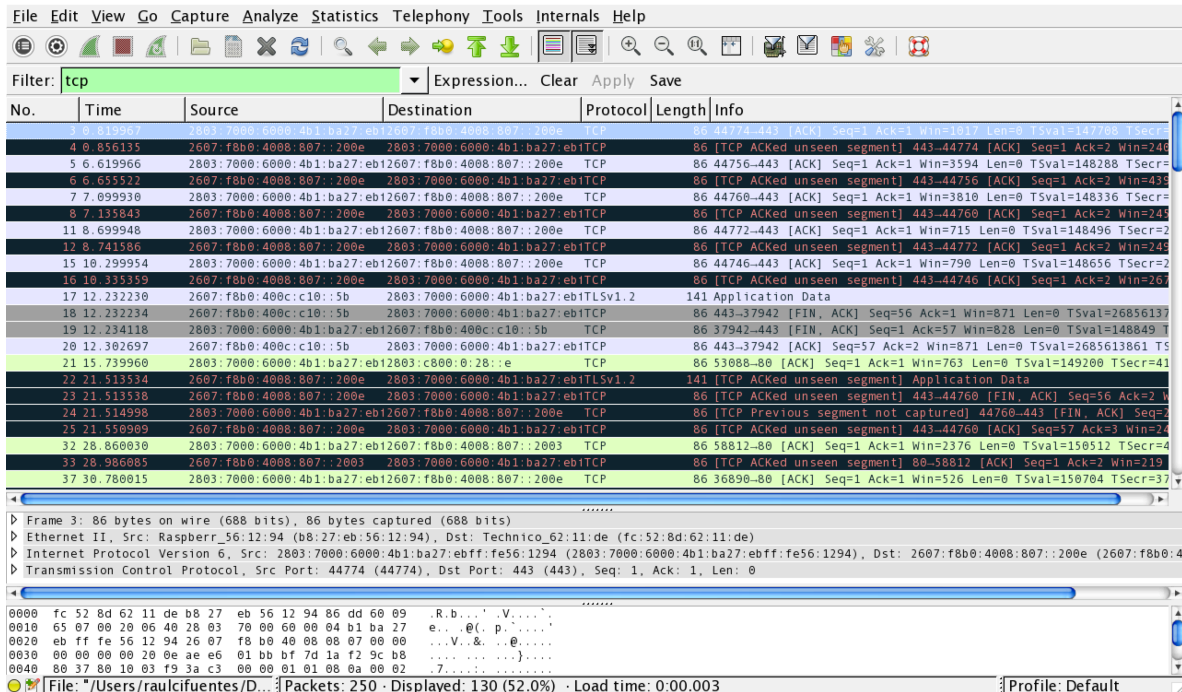
En el siguiente comando se obtiene un análisis de tráfico de cien paquetes con un peso total de cien mega bytes (en una corrida). Los resultados son guardados un archivo denominado *NOMBRE*, en esta ocasión. Es importante mencionar que el estudio de dicho archivo son analizados en una herramienta llamada Wireshark, en la cual en el siguiente punto se brindará información sobre ella. Es por ello que el archivo es guardado en un “.cap” ya que ese es el tipo de archivo que lanza la herramienta tcpdump y la herramienta Wireshark pide para analizar tráfico de paquetes.

Figura 20. Resultado de ejecutar el comando tcpdump para cien paquetes.

```
100 packets captured
102 packets received by filter
0 packets dropped by kernel
pi@raspberrypi:~ $
```

e. Wireshark. Wireshark es una herramienta útil para poder analizar tráfico en una red. En la misma es posible analizar los datos filtrándolos según el usuario desee. Por ejemplo únicamente evaluando un tipo de protocolo de comunicación. La herramienta brinda información importante y de esta manera complementará el estudio pudiendo detectar si existe perdida de paquetes cuando la prueba de velocidades brinda valores anormales. Dicha herramienta es posible ejecutarla en sistemas operativos como Windows, OS, Ubuntu y Linux

Figura 21. Representación de interfaz gráfico de la herramienta Wireshark.



En la siguiente figura se muestra el análisis del tráfico de datos .

f. Dropbox para Raspbian. Para finalizar, se desea tener acceso a todos los archivos que TCPdump arroja. Y por cuestiones de ingenieriles se decide instalar la herramienta Dropbox especial para Raspbian. En esta ocasión, de nuevo contando ya con una cuenta en dicha plataforma, se crea un API para poder tener acceso desde el equipo Raspberry y así guardar toda la información. Para su configuración e instalación se ejecutaron en terminal del sistema operativo los siguiente comandos:

Se instala el “curl” más reciente al equipo

- `sudo apt-get install curl`

Luego, tomando la herramienta Dropbox-Uploader del usuario Andrea Fabrizi, se instala la herramienta Dropbox

- `git clone https://github.com/andreafabrizi/Dropbox-Uploader/`

Se procede a hacer ejecutable el archivo que pondrá los archivos en la plataforma

- `cd /home/pi/Dropbox-Uploader/`
- `chmod +x dropbox_uploader.sh`
- `./dropbox_uploader.sh`

Luego del último comando, luego de haber creado una carpeta API, es donde la herramienta pide un código especial para poder enlazar los archivos que se van a mandar. Muy similar a la forma de trabajar de ThingSpeak. En esta ocasión, es donde se busca guardar de forma segura el código que brinda la sección “App key” el cual dará acceso total a dicha carpeta.

Figura 22. Representación de una carpeta API en Dropbox

The screenshot shows the 'API v2' settings page in Dropbox. On the left, there is a navigation menu with sections: 'My apps' (API Explorer, Documentation), 'References' (Authentication types, Branding guide, Content hash, Data ingress guide, Developer guide, OAuth guide, v2 migration guide, Webhooks), and 'API v2'. The main content area has three tabs: 'Settings', 'Branding', and 'Analytics'. Under 'Settings', there are several rows of configuration:

- Status:** Development (with an 'Apply for production' button).
- Development users:** Only you (with an 'Enable additional users' button).
- Permission type:** Full Dropbox (with an info icon).
- App key:** fy75xu1y8q2zopc
- App secret:** Show

Below these settings is the 'OAuth 2' section, which includes:

- Redirect URIs:** A text input field containing 'https:// (http allowed for localhost)' and an 'Add' button.
- Allow implicit grant:** A dropdown menu currently set to 'Allow'.
- Generated access token:** A 'Generate' button.

Finalmente, para poder subir los archivos que el usuario desee, se debe ejecutar en terminal del sistema operativo el siguiente comando:

- `./dropbox_uploader.sh /ubicacion_del_archivo ubicacion_del_archivo`

Si todo lo anterior se realiza correctamente, se debiera de tener un resultado como el que muestra la siguiente figura:

Figura 23. Resultado de subir un archivo con éxito a la nube Dropbox.

```
pi@raspberrypi ~/Dropbox-Uploader $ ./dropbox_uploader.sh upload prueba_dropbox.txt
prueba_dropbox.txt
> Uploading "/home/pi/Dropbox-Uploader/prueba_dropbox.txt" to "/prueba_dropbox.txt"... DONE
pi@raspberrypi ~/Dropbox-Uploader $ █
```

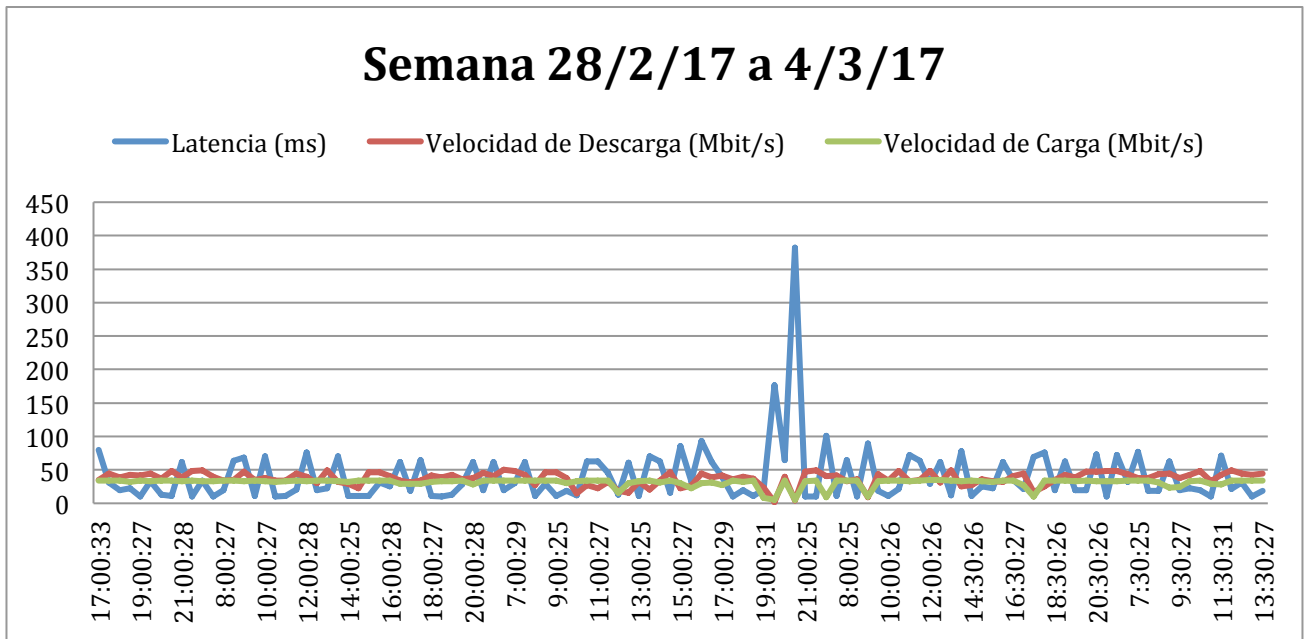
Es importante mencionar que para poder subir a la plataforma Dropbox cualquier tipo de documento, el archivo “dropbox_uploader.sh” se debe encontrar en la carpeta de los documentos que se deseen colocar en la plataforma. Dicho archivo lo genera el programa que con anterioridad se configuró o en todo caso se encuentra dentro de la carpeta Dropbox-Uploader. Es posible copiar el archivo en cualquier portafolio del computador siempre y cuando se mantenga el archivo dentro de su carpeta original. De esta manera el comando debe funcionar con normalidad y el mensaje debe ser siempre el mostrado en la Fig 23.

VI. RESULTADOS

El equipo fue instalado en el laboratorio J206 de la Universidad. Dicho laboratorio es de uso común para estudiantes donde también son impartidos cursos de distintos departamento de ingeniería. El equipo inicia sus pruebas el día martes 28 de febrero de 2017 para finalizar el 20 de mayo de 2017. Los resultados semana a semana fueron los siguientes:

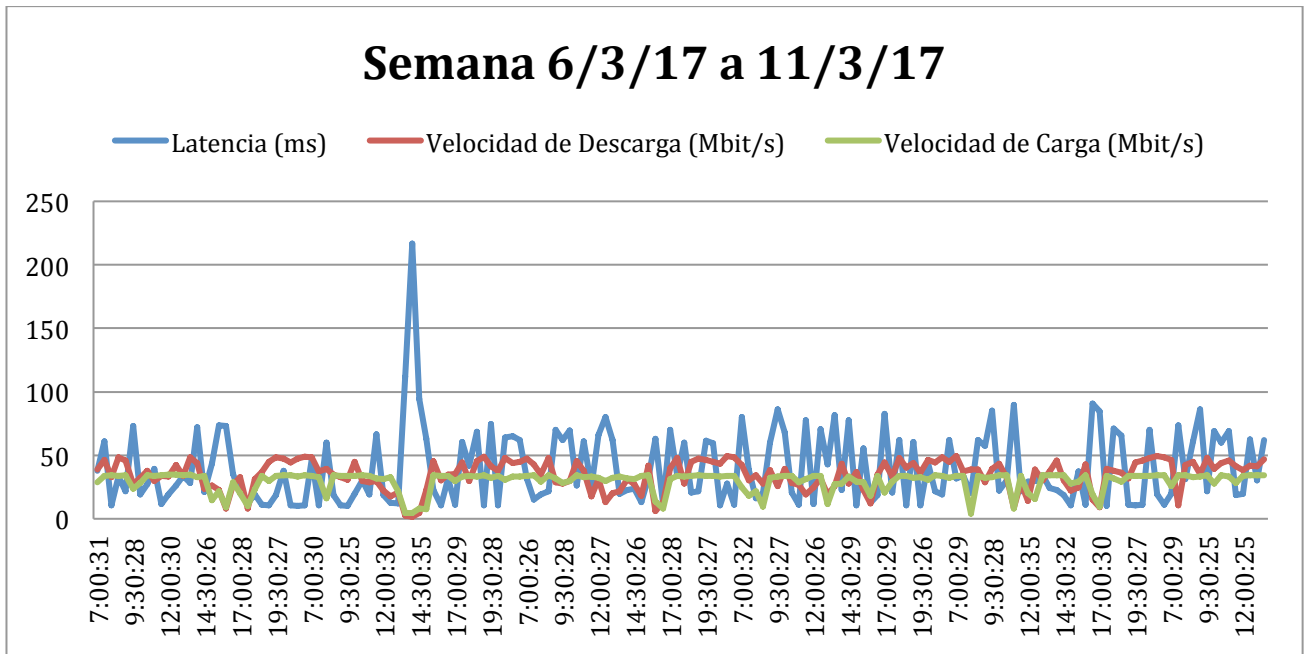
A. SEMANA 1

Figura 24. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 28/2/17 a 4/3/17



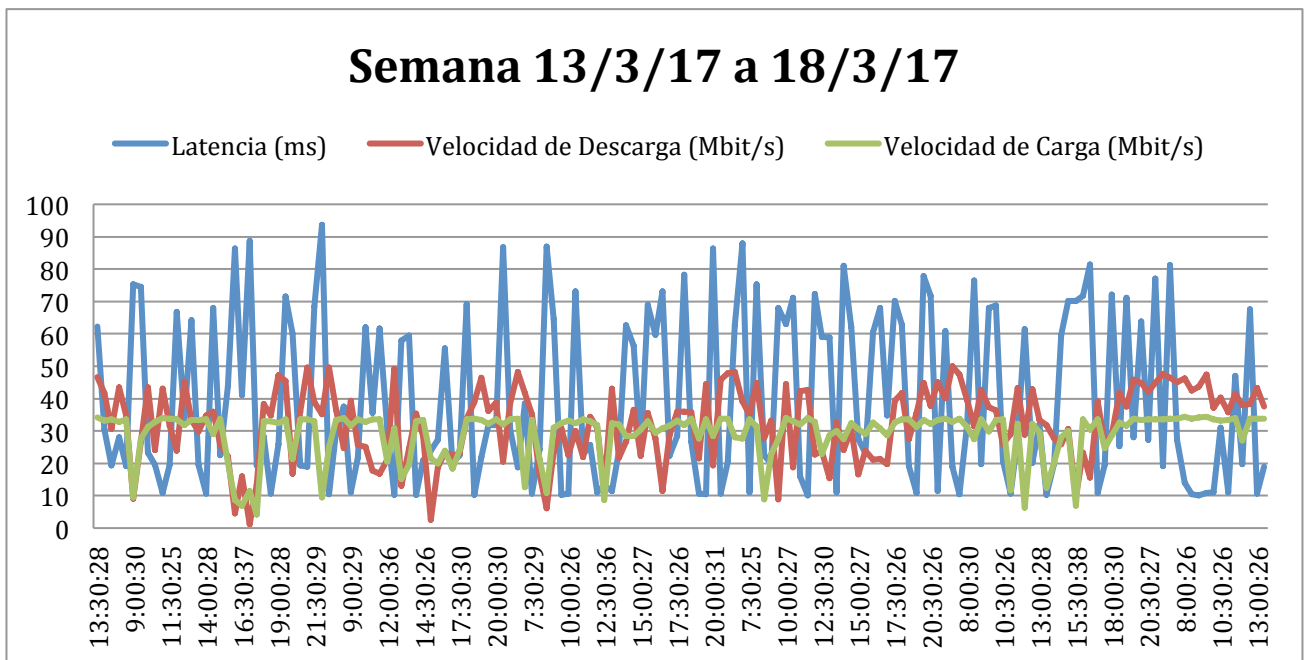
B. SEMANA 2

Figura 25. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 6/3/17 a 11/3/17



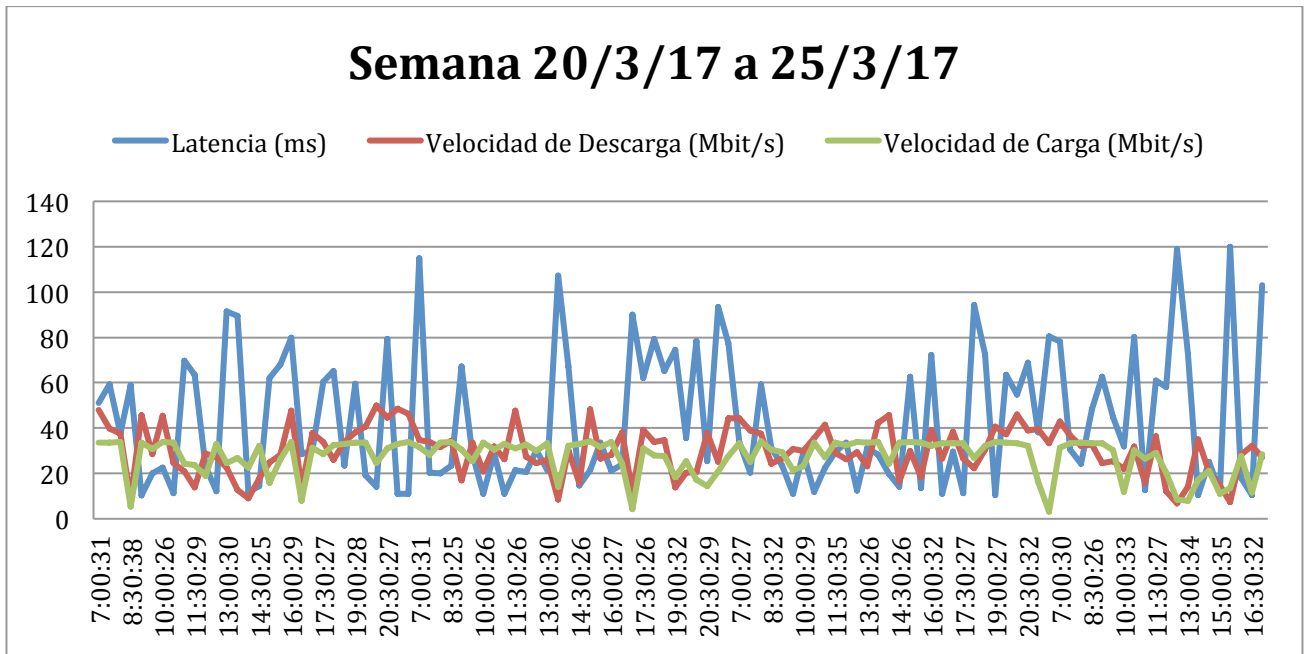
C. SEMANA 3

Figura 26. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 13/3/17 a 18/3/17



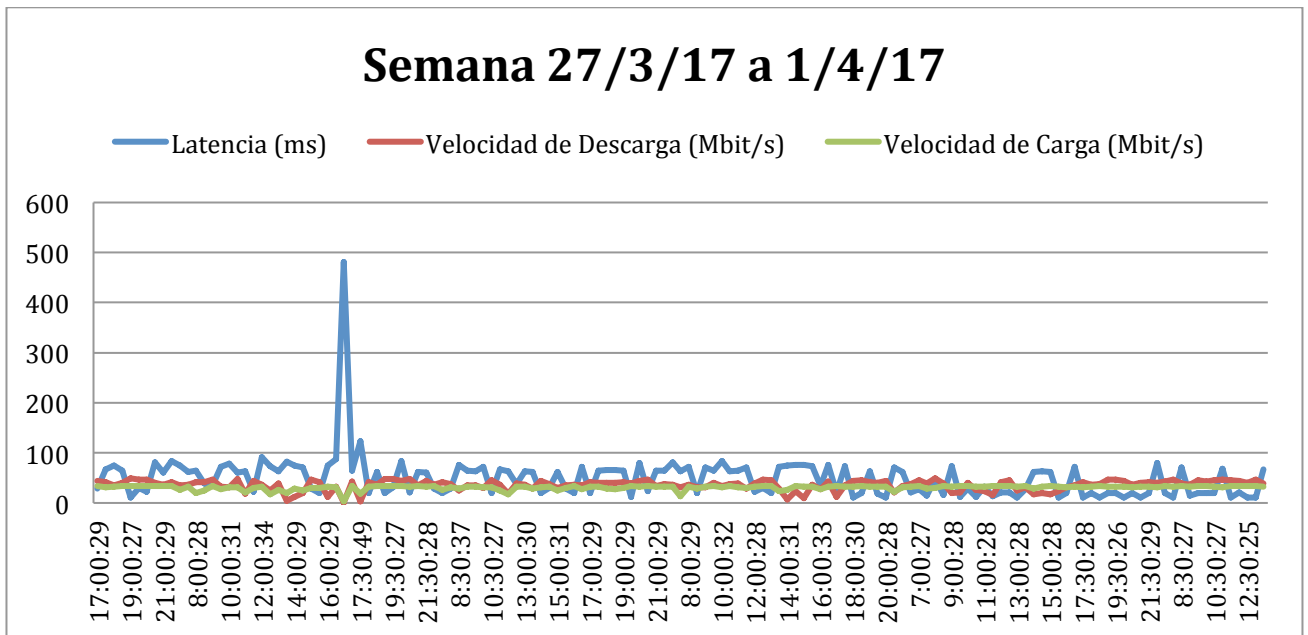
D. SEMANA 4

Figura 27. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 20/3/17 a 25/3/17



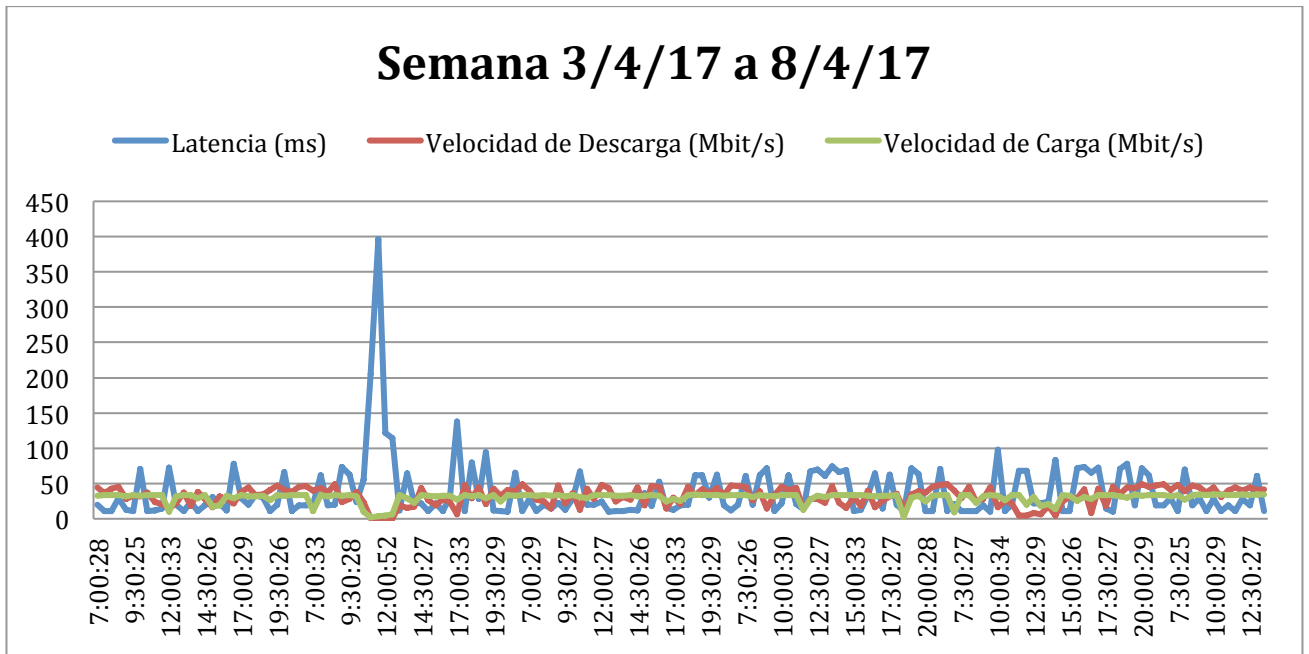
E. SEMANA 5

Figura 28. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 27/3/17 a 1/4/17



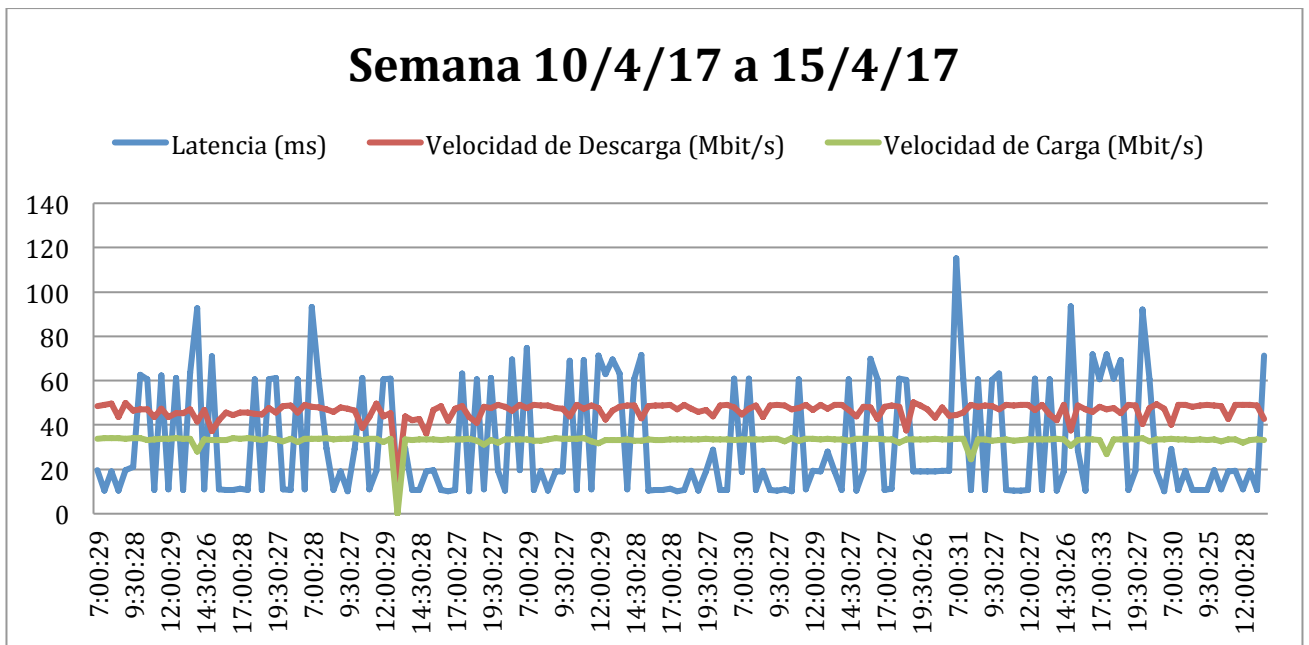
F. SEMANA 6

Figura 29. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 3/4/17 a 8/4/17



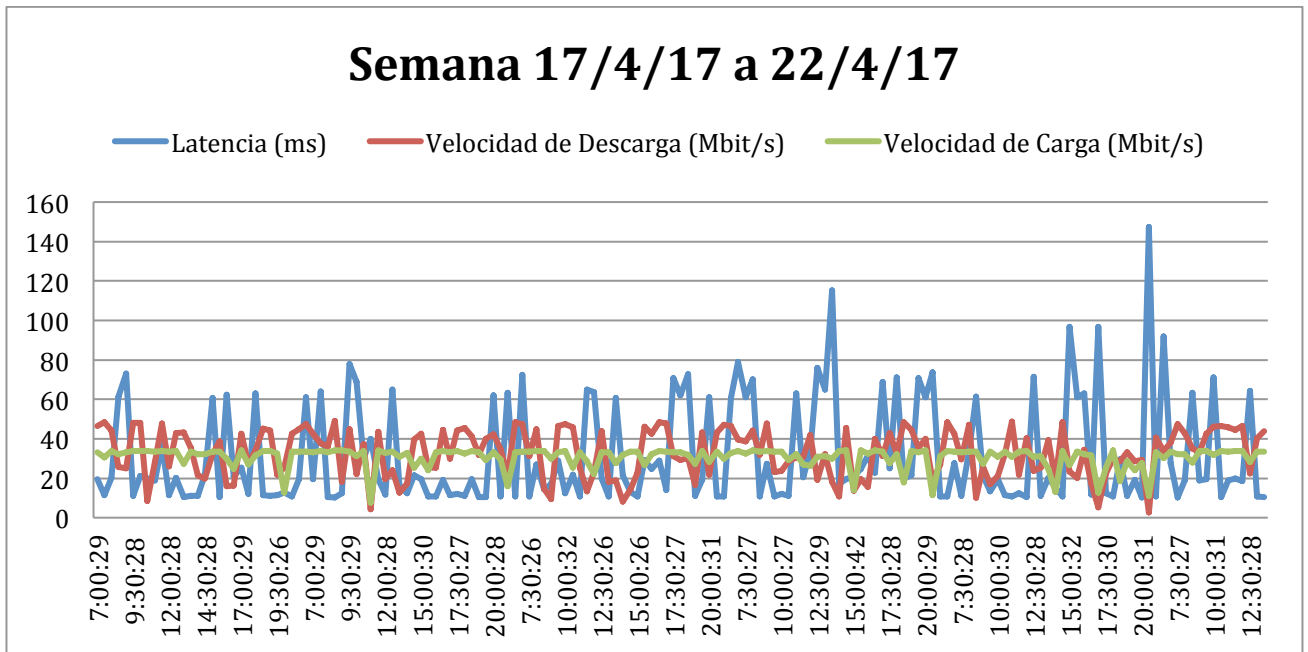
G. SEMANA 7

Figura 30. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 3/4/17 a 8/4/17



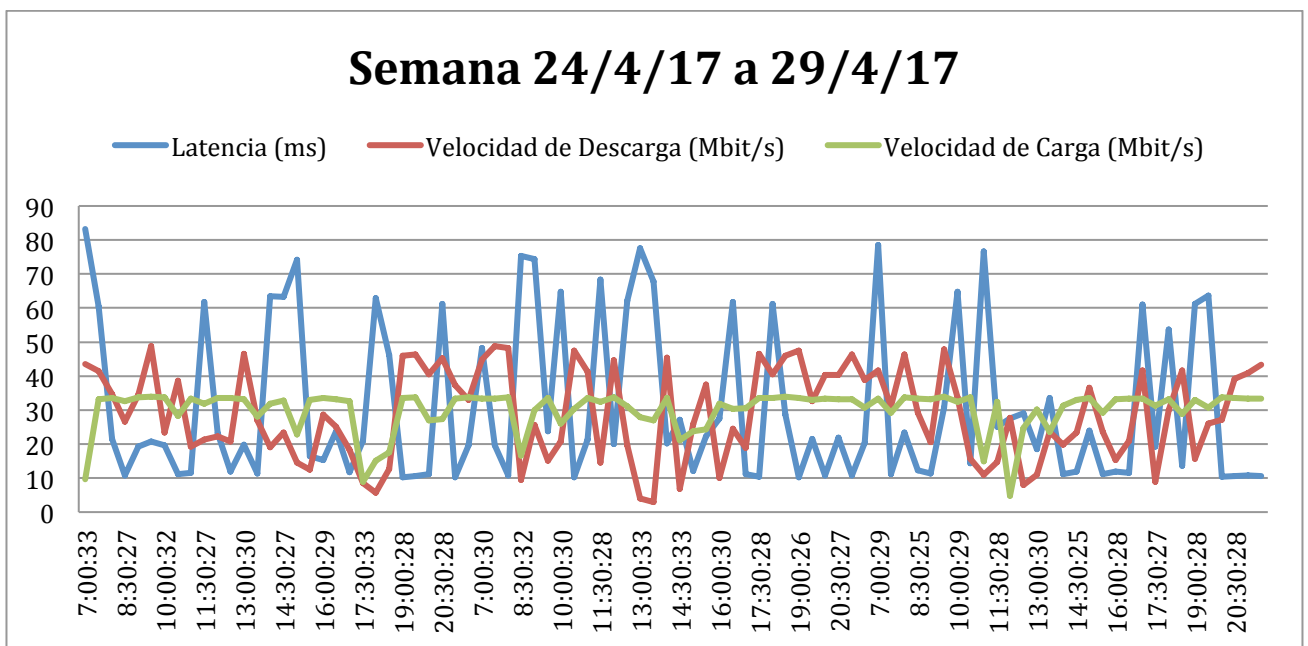
H. SEMANA 8

Figura 31. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 17/4/17 a 22/4/17



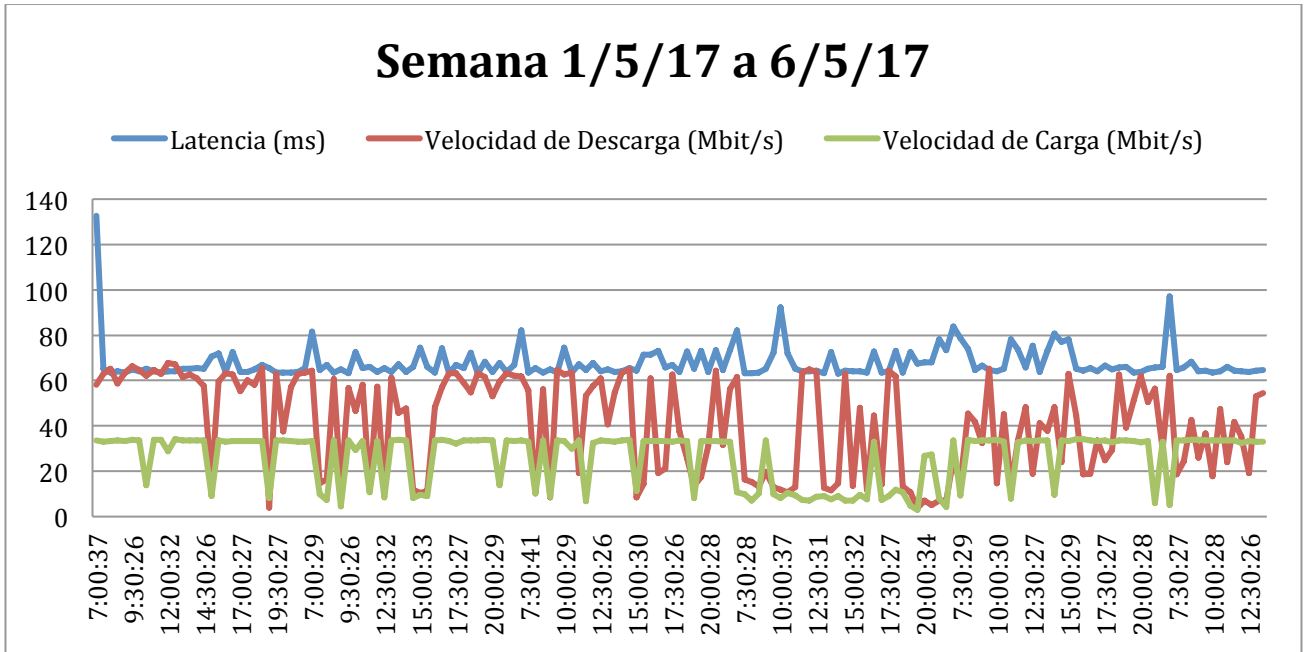
I. SEMANA 9

Figura 32. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 3/4/17 a 8/4/17



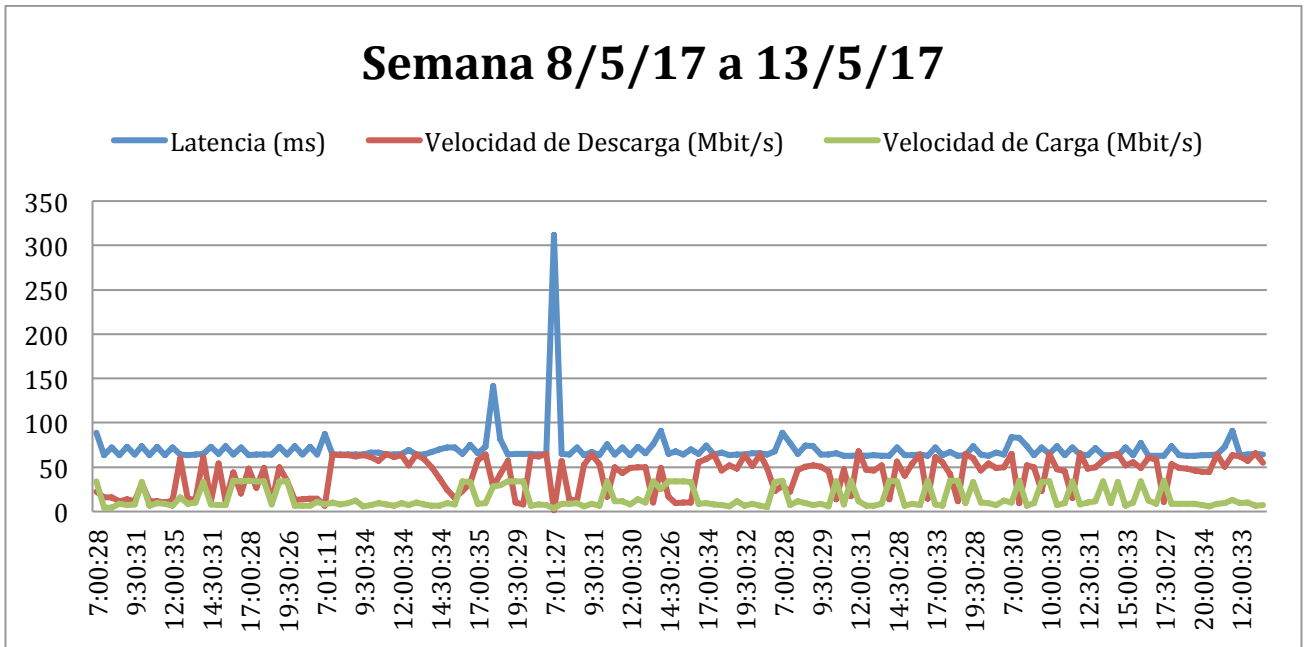
J. SEMANA 10

Figura 33. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 1/5/17 a 6/5/17



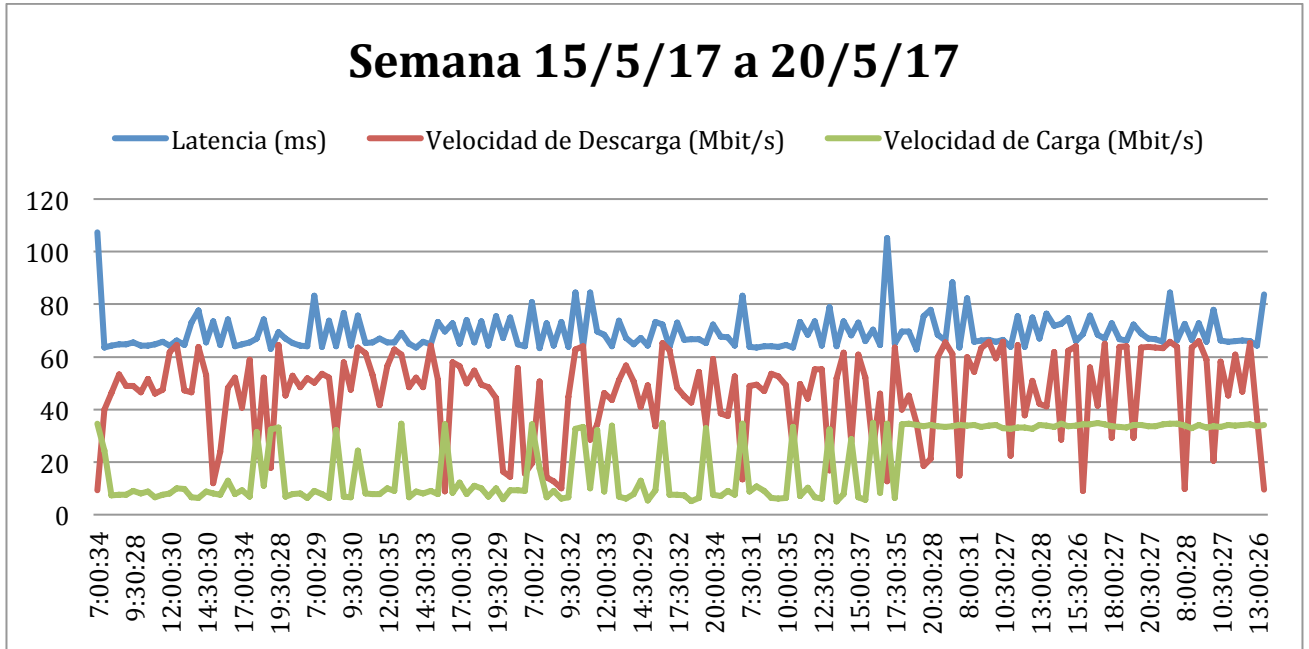
K. SEMANA 11

Figura 34. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 8/5/17 a 13/5/17



L. SEMANA 12

Figura 35. Resultados de latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga de las fechas 15/5/17 a 20/5/17



M. Resultados de TCPdump con ayuda de la herramienta Wireshark

Figura 36. Resultados de evaluar un análisis de paquetes TCPdump.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Identification	Info
18	0.762448	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	74	0xa3f6 (41974)	43356->80 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PER
18	1.761910	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	74	0xa3f7 (41975)	[TCP Retransmission] 43356->80 [SYN] Seq=0 Win=29200 Le
19	1.762462	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	74	0x6457 (25687)	80->43356 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=14480 Len=0 MSS=14
20	1.762582	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0xa3f8 (41976)	43356->80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=29248 Len=0 TSval=46846
21	1.763036	192.168.4.251	72.21.92.82	HTTP	316	0xa3f9 (41977)	GET /speedtest-config.php?x=1491330602491. HTTP/1.1
22	1.763575	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	66	0x000a (10)	80->43356 [ACK] Seq=1 Ack=251 Win=15872 Len=0 TSval=221
28	2.920753	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1514	0x0012 (18)	[TCP segment of a reassembled PDU]
29	2.920852	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0xa3fa (41978)	43356->80 [ACK] Seq=251 Ack=1449 Win=32128 Len=0 TSval=
30	2.921732	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1514	0x0013 (19)	[TCP Previous segment not captured] [TCP segment of a
31	2.921826	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	78	0xa3fb (41979)	[TCP Window Update] 43356->80 [ACK] Seq=251 Ack=1449 Wi
32	2.921735	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1059	0x0014 (20)	[TCP segment of a reassembled PDU]
33	2.922006	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	78	0xa3fc (41980)	[TCP Window Update] 43356->80 [ACK] Seq=251 Ack=1449 Wi
34	2.922357	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	78	0x0015 (21)	[TCP Out-Of-Order] [TCP segment of a reassembled PDU]
35	2.922416	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	78	0xa3fd (41981)	43356->80 [ACK] Seq=251 Ack=1461 Win=37888 Len=0 TSval=
36	2.922623	72.21.92.82	192.168.4.251	HTTP/XML	1514	0x0016 (22)	[TCP Retransmission] HTTP/1.1 200 OK
37	2.922727	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0xa3fe (41982)	43356->80 [ACK] Seq=251 Ack=5351 Win=40832 Len=0 TSval=
38	2.922815	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1059	0x0017 (23)	[TCP Spurious Retransmission] 80->43356 [FIN, PSH, ACK]
39	2.922867	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	78	0xa3ff (41983)	[TCP Dup ACK 37#1] 43356->80 [ACK] Seq=251 Ack=5351 Win
40	2.927282	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0xa400 (41984)	43356->80 [FIN, ACK] Seq=251 Ack=5351 Win=40832 Len=0 T
45	2.944065	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	74	0x30f1 (12529)	43358->80 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PER
46	3.131884	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0xa401 (41985)	[TCP Retransmission] 43356->80 [FIN, ACK] Seq=251 Ack=5
47	3.132304	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	66	0xed57 (60759)	80->43356 [ACK] Seq=5351 Ack=252 Win=15872 Len=0 TSval=
52	3.941911	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	74	0x30f2 (12530)	[TCP Retransmission] 43358->80 [SYN] Seq=0 Win=29200 Le

Figura 37. Resultados de evaluar un análisis de paquetes TCPdump.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Identification	Info
8	0.047169	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	74	0x5f3c (24386)	41500->80 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PER
9	0.047830	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	74	0xf03a (61498)	80->41500 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=14480 Len=0 MSS=14
10	0.047955	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0x5f3d (24381)	41500->80 [ACK] Seq=1 Ack=1 Win=29240 Len=0 TSval=84422
11	0.048368	192.168.4.251	72.21.92.82	HTTP	316	0x5f3e (24382)	GET /speedtest-config.php?x=1492178402775. HTTP/1.1
12	0.048937	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	66	0xe833 (59443)	80->41500 [ACK] Seq=1 Ack=251 Win=15872 Len=0 TSval=572
13	0.380063	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1514	0xe834 (59444)	[TCP segment of a reassembled PDU]
14	0.380229	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0x5f3f (24383)	41500->80 [ACK] Seq=251 Ack=1449 Win=32128 Len=0 TSval=
15	0.380487	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1514	0xe835 (59445)	[TCP segment of a reassembled PDU]
16	0.380498	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	90	0xe836 (59446)	[TCP segment of a reassembled PDU]
17	0.380491	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	1514	0xe837 (59447)	[TCP segment of a reassembled PDU]
18	0.380497	72.21.92.82	192.168.4.251	HTTP/XML	1188	0xe838 (59448)	HTTP/1.1 200 OK
19	0.380636	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0x5f40 (24384)	41500->80 [ACK] Seq=251 Ack=2897 Win=35008 Len=0 TSval=
20	0.380737	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0x5f41 (24385)	41500->80 [ACK] Seq=251 Ack=2921 Win=35008 Len=0 TSval=
21	0.380805	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0x5f42 (24386)	41500->80 [ACK] Seq=251 Ack=4369 Win=37888 Len=0 TSval=
22	0.385418	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	66	0x5f43 (24387)	41500->80 [FIN, ACK] Seq=251 Ack=5492 Win=40832 Len=0 T
23	0.386094	72.21.92.82	192.168.4.251	TCP	66	0xe839 (59449)	80->41500 [ACK] Seq=5492 Ack=252 Win=15872 Len=0 TSval=
28	0.402969	192.168.4.251	72.21.92.82	TCP	74	0x46cc (18124)	41502->80 [SYN] Seq=0 Win=29200 Len=0 MSS=1460 SACK_PER

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La herramienta principal que se implementó para realizar el trabajo de campo, speed-cli, utiliza los servidores de speedtest.net. Herramienta la cual es útil para poder determinar las velocidades principales dentro de una red como por ejemplo latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga. Una de las características principales de dicha herramienta es el servidor que se utilizó. El servidor se estableció como aquel que mejor resultados brinde, tal como la herramienta lo hace por defecto. Esto con el objetivo de que la salida, la cual es la que el usuario experimenta, fuese siempre la lectura de los resultados. Una de las razones principales por la cual no se estableció siempre un mismo servidor es que dentro de la estructura de la Universidad, se cuentan con tres distintos proveedores, por lo que en la salida se iba a obtener el que mejores servicio proveyera a dicha hora. Es por ello que establecer siempre un servidor específico no iba a poder resaltar el valor real, ya que el usuario iba a estar experimentando un servicio distinto.

La relación que existe entre la latencia y las velocidades de descarga y carga son inversamente proporcional. Este tipo de resultados se pueden observar en las Figuras 25 a 35. Tomando como ejemplo la Figura 27, se puede observar claramente cuando existe un pico muy elevado por parte del resultado de la latencia, las velocidades tienen a bajar de manera significativa. El mismo caso ocurre cuando la misma latencia logra obtener valores muy cercanos a cero, las velocidades se elevan hasta donde el servicio lo permita. Esto se debe a que un resultado muy bajo en la latencia representa que un envío de paquete desde servidor local, por lo general de 32 bytes dicho paquete, es recibido de forma correcta del servidor de destino en un tiempo muy corto. Es por ello que mientras menor sea dicho tiempo, la transferencia de datos será más rápido. Con respecto a las velocidades, la de descarga, como su nombre lo indica, es descargar un archivo del servidor y poder denominar la velocidad que tarda en hacerlo. Lo mismo ocurre con el archivo de carga, únicamente que su diferencia es qué tanto tarda en subir un archivo desde el servidor local al servidor de destino. Es por ello que un resultado muy elevado en la latencia, dificulta el envío de paquetes y por tanto también sus velocidades son afectadas, haciendo que la experiencia de un usuario en la red no sea satisfactoria. Una prueba de speedtest tiene un peso aproximado de 100 Mega Bytes (MB) por cada una. Esto se puede observar en los anexos.

Analizando los resultados que se obtuvieron semana a semana Fig 24 a 32, se encontró que existe una irregularidad clara. Es por ello que debido a su falta de constancia, se puede concluir que la calidad del servicio de internet que se otorga dentro de los laboratorios J 201 y J 202 cuenta con oportunidades de optimización. Es importante mencionar que las mayores bajas se presencian en los horarios de la tarde y de la noche.

Analizando los resultados, una de las causas principales del por qué el desempeño de la red se reduce considerablemente, es debido a la sobrecarga de usuarios que se conectan a la red durante ciertas horas. Por ejemplo, se puede observar cómo en la Figura 30 que el desempeño de la red fue muy estable. Esto es a que dentro de dicha semana la afluencia de estudiantes era muy poca debido al asueto de semana santa. De esta manera se puede concluir que el equipo que la Universidad utiliza, sí cumple con los resultados esperados. Es aquí donde se detecta que el problema es por congestión.

Para poder optimizar un caso de congestión, una oportunidad de mejora es regulando el flujo de internet en las horas pico para que el servicio se mantenga y enfoque el uso de la red para todos aquellos sitios que tengan usos académicos. Su implementación sería a nivel software. De esta manera se lograría evitar la demanda innecesaria de la red. De igual forma con lo que corresponde a videos, el poder reducir la su calidad (streaming) haría que disminuyera el trafico dentro de la red, empezando a optimizar recursos y a estabilizar el rendimiento de la misma. Por otra parte, el poder ampliar los enlaces de la red sería otra oportunidad de optimización.

Observando el calendario que se brindó por parte del laboratorio acerca de los cursos que son impartidos dentro de la misma, coincide claramente en que las horas pico van de la mano con la alta demanda de usuarios. Eso es observable en la Figuras 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34 y 35 en donde sus picos son dentro de las 14 y 16 horas.

Dentro de los datos recopilados semana a semana, se busca encontrar patrones donde el servicio sea muy inestable. Esto con el objetivo de poder añadir una herramienta a la prueba de campo que indique una razón más profunda de dicha inestabilidad. Es por ello que se implementa el uso de TCPdump para que de esta manera al observar las bajas muy pronunciadas, sea la herramienta que indique si dicho rendimiento es debido a pérdida de paquetes o alguna otra anomalía. Es por ello que con el uso de la herramienta Wireshark, se analizan los resultados que despliega TCPdump, que se basan en distintas corridas. Se analizaron dos capturas de TCPdump donde el desempeño de las velocidades fuese muy baja. Es aquí donde se determina que existe pérdida de paquetes, siendo un sinónimo de que la red se encuentra congestionada, justo como se muestra en la Figura 36. En dicha figura, lo que interesa en la sección de información (Info) es que despliega muchos mensajes (banderas) donde ocurrieron retransmisiones y pérdida de la secuencia TCP. Todo lo contrario al evaluar una corrida cuando el servicio cuenta con resultados regulares en sus velocidades. Justamente como se puede observar en la Figura 37. En dicha figura se puede observar en la sección de información (Info) no se cuenta con ningún mensaje o bandera de que existiera algún tipo de problema.

Es posible observar dentro de las Figuras 25 a 32 que el servicio de velocidad de descarga no supera los 50 Mbit/s. Por el otro lado, el servicio de la velocidad de carga no supera los 35Mbit/s. Dentro de los servicios de red, es común notar que se cuente con mayores velocidades en lo que respecta la descarga a

comparación de la carga. Esto se debe a que el usuario, en la mayoría de sus ocasiones, suele navegar en sitios donde su mayor uso es la descarga. Es por ello que se busca que el servicio de descarga sea mayor que al de carga. En caso se desee que ambas velocidades sean las mismas, es el proveedor quien brinda dicho servicio por aparte. Es por ello que por tanto, el servicio que se brinda en la casa de estudios es de una velocidad de descarga de 50 Mbits/s y una velocidad de carga de 35 Mbit/s.

A partir de las últimas semanas, las cuales corresponden las fechas de 1/5/17 a 20/5/17, se notó que el servicio de velocidad y velocidad de carga tuvo una máxima distinta a comparación de las semanas anteriores. Es por ello que se puede a partir de las Figuras 33 a 35, el servicio no supera los 65Mbits/s de velocidad de descarga y 40Mbits/s de velocidad de carga. Sin embargo, a pesar de que la velocidad se aumentó, el servicio dentro de los laboratorios J 201 y J 202 siguen siendo pobres. Esto se debe a que se sigue teniendo un servicio sumamente inestable y la latencia es muy alta, lo cual hace que a pesar de que las velocidades mejoraron, la experiencia no es totalmente satisfactoria.

VIII. CONCLUSIONES

La herramienta utilizada es capaz de realizar mediciones importantes de la red. Tales como latencia, velocidad de descarga y velocidad de carga brindando así un amplio conocimiento del servicio alámbrico que se brinda en la Universidad del Valle de Guatemala en el campus central en los laboratorios J 201 y J 202.

La herramienta TCPdump junto a la herramienta Wireshark es capaz de determinar si dentro de las corridas existen pérdidas de paquetes o retransmisiones

El resultado de la latencia es inversamente proporcional a las velocidades de descarga y carga. Lo cual indica que mientras el resultado de la latencia sea baja, la experiencia del servicio será mejor. El efecto de una alta latencia hace que el tiempo de espera para navegar en la red sea muy grande.

La Universidad cumple con buenas prácticas cuando implementa la red alámbrica a los laboratorios J 201 y J 202 al no existir ausencia del servicio a ninguna hora.

Al analizar los resultados, se encontró que el rendimiento de la calidad de internet es inconstante. Los días miércoles y viernes es cuando se presentan las mayores bajas específicamente en las jornadas vespertinas y nocturnas. Por tanto la calidad de internet que se brinda en los laboratorios J 201 y J 202 cuenta con oportunidades de optimización.

La numerosa cantidad de estudiantes que utilizan los laboratorios J 201 y J 202 es la causa principal de un servicio inestable.

El equipo que se utiliza dentro de las instalaciones de los laboratorios J 201 y J 202 sí cumplen con brindar los resultados esperados y garantiza el servicio de internet a todos los equipos. Esto se puede observar en la Figura 30. Es por ello que el problema principal es la congestión. Por tanto sí es posible la optimización de la red alámbrica en la capa de aplicación.

Dentro de las oportunidades de optimización se encuentra el implementar software que regule y excluya todos aquellos sitios cuyos fines no sean estudiantiles al igual que ampliar los enlaces de red, aportaría a que el servicio sea menos inestable brindando una mejor experiencia para el usuario.

Con los resultados descubiertos, se aporta a la Universidad información importante para que pueda llevarse a cabo oportunidades de optimización desde la capa de aplicación (modelo OSI). Es decir, existen otros tipos de optimización, pero el alcance del trabajo de campo se limita debido a que un departamento se encarga de la topología y estructura de la red.

IX. RECOMENDACIONES

Contar con una herramienta adicional a la implementada, speedtest-cli, para poder corroborar valores y siempre continuar con la herramienta de ThnigSpeak para que se tengan todos los resultados graficándose en tiempo real.

Implementar una herramienta que evalúe el rendimiento de video (Streaming) para poder contar con aún más información sobre el servicio de internet.

Se recomienda realizar las mismas pruebas en al menos una salida más de servicio internet, para que de esta manera se pueda comprobar si los laboratorios brindan la misma experiencia. De la misma forma, se recomienda poder evaluar el servicio de Internet en departamentos de ingeniería y ciencias sociales de la Universidad.

Se recomienda realizar las pruebas en lapsos de cada 10 minutos para que se pueda contar con un análisis más detallado del estado de la red.

Para mantener un servicio estable se recomienda ampliar los enlaces de la red, para que de esta manera la experiencia del usuario siempre sea buena. De igual forma, es recomendable la regulación del flujo de internet para aquellos días y horas donde el servicio decrece considerablemente. Por ejemplo, reducir el uso de páginas innecesarias dentro de los laboratorios.

Se recomienda a la Universidad, analizar las estructuras de la red que comunican las salidas de internet, para determinar si existen oportunidades de optimización a ese nivel.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Frenzel, Louis. 2014. *Principles of electronic communication systems*. 4a ed. Nueva York: McGraw-Hill Education. 900 págs.
- Kurose, James. Ross, Keith. 2013. *Computer Networking, a Top-Down Approach*. 6ta edición. Estados Unidos: Pearson Education. 100 págs.
- Allan, Alasdair. *Use Raspberry pi to measure broadband speeds to hold you ISP accountable*. <http://makezine.com/projects/send-ticket-isp-when-your-internet-drops/> . [11/2/2017]
- Valencia, Antonio. *Check Internet Speed with speedtest-cli on Debian and Ubuntu*. <https://www.howtoforge.com/tutorial/check-internet-speed-with-speedtest-cli-on-ubuntu/>. [12/2/2017]
- Vixie, Paul. *Crontab*. <https://crontab.guru/crontab.5.html/>. [11/2/2017]
- Garcia, Luis. *Tcpdump & libcap*. <http://www.tcpdump.org/#contribute>. [18/3/2017]
- Williams, Adam. *System Images, Raspbian*. <https://www.raspberrypi.org/downloads/>. [9/2/2017]
- Martz, Matt. *Speedtest-cli*. <https://github.com/sivel/speedtest-cli>. [11/02/2017].
- Raspberry Pi Foundation. Raspberry pi 2 model B. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-2-model-b/> [9/02/2017].
- Fabrizi, Andrea. *Dropbox-Uploader*. <https://github.com/andreafabrizi/Dropbox-Uploader> . [18/3/2017]
- Combs, Gerald. *Wireshark*. <https://www.wireshark.org/#download> . [18/3/2017]

XI. GLOSARIO

Calidad de internet: Rendimiento de una red de internet. Es posible determinarla haciendo pruebas de velocidades de cargas y descargas al igual que latencia. Se complementa analizando si existen perdidas de paquetes cuando se navega por la red.

Corridas: Se refiere a ejecutar un programa, en este caso, ejecutar el programa TCPdump cuya finalidad es hacer captura de paquetes.

Hardware: Se refiere a todo aquellos elementos físicos que forman parte de una computadora o sistema electrónico.

Router : Dispositivo de red que permite la transferencia paquetes entre redes independientes.

Software: Se refiere a todo aquel conjunto de programas que le permiten a una computadora realizar tareas determinadas.

Streaming : La calidad que el usuario logra apreciar en un video que se encuentra en la red. Uso de Youtube, por ejemplo.

XII. ANEXOS

A. DEMOSTRACIÓN DEL PESO DE UNA PRUEBA

En las siguientes figuras se hace una demostración del antes y el después luego de realizar una prueba. Es aquí donde se demuestra que una prueba tiene un peso no mayor a 100 MB. En esta ocasión se hizo uso de un dispositivo Apple para la demostración.



Speedtest
52.0 MB



Speedtest
151 MB



B. DEMOSTRACIÓN DE LA INTERFAZ THINGSPEAK DURANTE CUATRO SEMANAS

En la siguiente figura se muestra cómo luce la interfaz durante cuatro semanas de recopilación de información.

