

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN REDES WLAN CASO ESTUDIO: WLAN –  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA SEDE EL CLAUSTRO

JONATHAN HUMBERTO ACUÑA OSTIOS  
DANIEL CAMILO APONTE JOYA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA  
BOGOTA  
2013

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO EN REDES WLAN CASO ESTUDIO: WLAN –  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA SEDE EL CLAUSTRO

JONATHAN HUMBERTO ACUÑA OSTIOS  
DANIEL CAMILO APONTE JOYA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

Director

ANDRES ERNESTO MEJIA VILLAMIL  
MAGISTER EN CIENCIAS BIOMÉDICAS

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
MODALIDAD TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA  
BOGOTA  
2013



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:

Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, noviembre de 2013

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios por habernos guiado en el proceso de formación personal y permitir la culminación de este proyecto, en segundo lugar a nuestros padres por el continuo ánimo y apoyo para seguir adelante y lograr una meta más en nuestras vidas, a nuestro director Ing. Andrés Mejía por su constante acompañamiento en el desarrollo del proyecto, al Ing. Carlos Castillo por su confianza, consejo, ayuda y todo el apoyo para la ejecución del proyecto y por último a nuestros compañeros por ser parte de este proceso de formación académica.

**Jonathan Humberto Acuña Ostios  
Daniel Camilo Aponte Joya**

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	14
1 GENERALIDADES .....	15
1.1 ANTECEDENTES .....	15
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.2.1 Descripción del problema. ....	15
1.2.2 Formulación del Problema. ....	15
1.3 OBJETIVOS .....	15
1.3.1 Objetivo general. ....	15
1.3.2 Objetivos Específicos. ....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	16
1.5 DELIMITACIÓN .....	16
1.5.1 Espacio. ....	16
1.5.2 Tiempo. ....	16
1.5.3 Alcance. ....	16
1.6 MARCO REFERENCIAL .....	17
1.6.1 Marco Teórico .....	17
1.6.1.1 Redes de área local inalámbrica. ....	17
1.6.1.2 Tecnologías 802.11. ....	18
1.6.1.3 Algunos conceptos para un análisis de rendimiento. ....	20
1.6.2 Estado del Arte. ....	22
1.7 METODOLOGÍA .....	23
1.7.1 Tipo de Estudio. ....	23
1.7.2 Fuentes de Información. ....	24
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO .....	24
2 IDENTIFICACION DE LA SITUACION ACTUAL .....	26
2.1 IDENTIFICACION DE LOS AP PRESENTES EN LA SEDE EL CALUSTRO. ....	26
2.2 IDENTIFICACION DEL BACKBONE .....	30
2.3 IDENTIFICACION DE LA COBERTURA. ....	32
2.4 ANCHO DE BANDA .....	37
2.4.1 Medidas UDP. ....	38

2.4.2	Medidas TCP.	45
2.5	MEDIDAS TFTP	49
2.6	MEDIDAS DE VIDEO	53
2.7	TEST DE VELOCIDAD	57
3	PROPUESTA DE COBERTURA	62
4	CONCLUSIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	73
	ANEXO A	75
	ANEXO B	76

## TABLA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Información suministrada por Xirrus Wi-Fi Inspector -----	27
Figura 2. Imagen de Radar, suministrador por Xirrus Wi-Fi Inspector-----	28
Figura 3. Access Point Cisco Aironet 1240AG Series 802.11A/B/G -----	29
Figura 4. Access Point Cisco Aironet 1040 -----	29
Figura 5. Plano de ubicación de Access Point dentro de los SCUCC -----	30
Figura 6. Plano del backbone que conecta los Access Point identificados en la SCUCC -----	31
Figura 7. Información suministrada por el software Inssider. -----	33
Figura 8. Cobertura otorgada por el AP 4. -----	35
Figura 9. Plano de la cobertura Otorgada por los 7 AP identificados. -----	36
Figura 10. Plano de la cobertura ideal de cada AP identificado. -----	37
Figura 11. Información que se suministra en JPERF, para modo cliente.-----	39
Figura 12. Información ingresada a JPERF para determinar protocolo, reporte de intervalo y tamaño de los paquetes enviados-----	40
Figura 13. Puntos para realizar pruebas de UDP -----	41
Figura 14. Información de cliente suministrada por JPERF con protocolo UDP -----	42
Figura 15. Información ingresada a JPERF para determinar para el protocolo TCP-----	46
Figura 16. Información de cliente suministrada por JPERF con protocolo TCP-----	47
Figura 17. Interfaz del Cliente de TFTP32 -----	51
Figura 18. Información arroja por TFTP32 al finalizar la transmisión.-----	51
Figura 19. Página de inicio de WampServer con carpeta para guardar el video -----	54
Figura 20. Reproducción del video y cronometro en paralelo -----	55
Figura 21. Opción mostrada dentro de Xirrus Wi-Fi inspector (Speed Test) ---	58
Figura 22. Interface del medidor de velocidad Speed Test-----	58
Figura 23. Ubicación de la grilla sobre el plano de la SCUCC -----	63



Figura 24. Plano discretizado por zona y ubicación de los posibles AP -----	64
Figura 25. Programación en Lingo 13.0 -----	66
Figura 26. Resultado de la minimización de los AP dado por Lingo -----	67
Figura 27. Ubicación de los AP obtenidos para proporcionar una cobertura máxima en la SCUCC -----	68
Figura 28. Ubicación de los AP obtenidos para proporcionar cobertura en las zonas con mayor afluencia de estudiantes en la SCUCC -----	70
Figura 29. Access Point ubicados en Plazoleta Ingles -----	76

## LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Características Estándares, Indican la frecuencia, velocidad y modulación para cada estándar definido dentro de la tabla-----	26
Tabla 2. Características de los AP identificados -----	28
Tabla 3. Niveles de potencia capturado de cada AP y promedios de cada uno. -----	34
Tabla 4. Información de ancho de banda para transmisión de voz, datos y video -----	38
Tabla 5. Equipos utilizados y su respectiva tarjeta de red -----	42
Tabla 6 . Ancho de Banda obtenido con computador Toshiba en Protocolo UDP -----	43
Tabla 7. Ancho de Banda obtenido con computador HP en Protocolo UDP ---	43
Tabla 8. Ancho de Banda obtenido con computador MAC en Protocolo UDP -	44
Tabla 9. Ancho de Banda Obtenido con computador Toshiba en Protocolo TCP -----	48
Tabla 10. Ancho de Banda Obtenido con computador HP en Protocolo TCP -	48
Tabla 11. Ancho de Banda Obtenido con computador MAC en Protocolo TCP	49
Tabla 12. Retardo computador Toshiba. -----	52
Tabla 13. Retardo computador HP. -----	52
Tabla 14. Retardo computador MAC. -----	53
Tabla 15. Comparación del tiempo tomado por el video teórico y práctico con el computador HP. -----	56
Tabla 16. Comparación del tiempo tomado por el video teórico y práctico con el computador MAC. -----	56
Tabla 17. Velocidades obtenidas con el computador Toshiba-----	59
Tabla 18. Velocidades obtenidas con el computador HP -----	60
Tabla 19. Velocidades obtenidas con el computador MAC-----	60
Tabla 20. Relación de las zonas y los AP que las cubren. -----	65
Tabla 21. Zonas dentro de los lugares con mayor afluencia de estudiantes ---	69
Tabla 22. Product Specifications for Cisco Aironet 1240AG Series Access Points -----	75

## GLOSARIO

**Access Point (AP):** es un dispositivo que interconecta dispositivos de comunicación alámbrica para formar una red inalámbrica. Normalmente un AP también puede conectarse a una red cableada, y puede transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red cable y los dispositivos inalámbricos.

**Autenticación:** es el acto de establecer o confirmar algo alguien como autentico. En un sistema se da la autenticación como forma de verificar la identificación de un usuario.

**Ancho de Banda:** cantidad de información que se transmiten en una conexión establecida, en un determinado rango de tiempo, este se expresa en bits/s, kilobits/s, megabits/s.

**Backbone:** el término backbone se refiere al cableado troncal o subsistema vertical en una instalación de red de área local que sigue la normativa de cableado estructurado.

**Cliente:** es una aplicación informática o un computador que consume un servicio remoto en otro computador, conocido como servidor, normalmente a través de una red

**Cobertura:** se denomina cobertura a la zona en la que el receptor puede recibir una señal con un nivel de potencia que le ofrezca al usuario final los servicios esperados (voz, datos) con una calidad aceptable.

**Dirección IP (Internet Protocol):** es un identificador de 32 bits, único e irrepetible asignado a un host dentro de una red, dependiendo del diseño de la red pueden existir, clase A,B o C.

**Dirección MAC (Media Access Control):** es un identificador de 48 bits que corresponde de forma única a una tarjeta o dispositivo de red. Se conoce también como dirección física, y es única para cada dispositivo.

**Frecuencia:** es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico, la frecuencia se mide en hercios (Hz).

**Interferencia:** en la tecnología inalámbrica, la palabra interferencia es usada típicamente en sentido amplio, para disturbios desde otras fuentes de RF, por ejemplo canales adyacentes.

**Modulación:** es el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda seno. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias.

**Protocolo:** conjunto de pasos para lograr un fin o un objetivo.

**QoS (Calidad de Servicio):** es el rendimiento promedio de la red ya sea de telefonía o de computadores, es principalmente el rendimiento visto por los usuarios de la red.

**Red Cableada:** es la conexión que se da entre dos dispositivos mediante un Cable que puede ser cobre o fibra óptica.

**Red Inalámbrica:** es la conexión que se da entre dos dispositivos sin necesidad de una conexión física, esta se da por medio de las ondas electromagnéticas.

**Retardo:** es el tiempo que necesita una señal para atravesar un medio, este comprende el tiempo transcurrido entre el instante en que la información se encuentra lista para transmitirse a través de la red y el instante en que ha llegado al otro extremo.

**Servidor:** un servidor es un nodo o punto de intersección que, formando parte de una red, provee servicios a otros nodos denominados clientes.

**Sniffer:** es un programa de captura de las tramas de una red de computadoras. Los Sniffer tienen diversos usos, como monitorear redes para detectar y analizar fallos, o para realizar ingeniería inversa en protocolos de red.

**Tráfico:** son los datos enviados y recibidos por los usuarios a través de una red de internet, ya sea cableada o inalámbrica.

**Velocidad de Trasmisión:** mide el tiempo que tarda un host o un servidor en poner en la línea de transmisión el paquete de datos a enviar. El tiempo de transmisión se mide desde el instante en que se pone el primer bit en la línea hasta el último bit del paquete a transmitir. La unidad de medida es en bits/segundo.

**VoIP (Voz Over IP):** es un conjunto de recursos que permiten que la voz viaje a través del protocolo IP.

**Wlan (Wireless Local Area Network):** es una red inalámbrica de manera local, que permite a los usuarios dispositivos que permitan tener este tipo de conexiones.

## RESUMEN

El presente documento expone diferentes elementos que son importantes cuando se realiza un análisis del rendimiento en redes Wlan como lo es la Latencia, la cobertura, la interferencia, los cuales se comparan con muestras de la situación actual de la red de la SCUCC, determinado así como es el funcionamiento de esta y cuales factores están fuera de las normas teóricas. Para realizar esta comparación se realiza una identificación de los Access Points presentes en la SCUCC para los cuales se realiza una gráfica de sus ubicaciones, el backbone que los une y el diagrama de cobertura que otorgan, además de realizar diferentes medidas (Ancho de Banda, Transmisión de Archivos) sobre la red Inalámbrica con lo que fue posible conocer el comportamiento de esta.

El análisis del rendimiento realizado a la red inalámbrica de la SCUCC demostró que la red es capaz de soportar la demanda de usuarios presentes en la sede de una manera aceptable aunque está no presente uniformidad en su funcionamiento, esto debido a la incorrecta distribución de los Access Point presentes los cuales no proporcionan una cobertura mayor al 50% de la sede. Para dar una solución a esta situación se planteó un método para aumentar la cobertura de la misma la cual se basa en una optimización de las zonas a cubrir, con lo cual se logra aumentar la cobertura logrando así una conexión óptima en cualquier zona de la sede.

**Palabras Claves:** WLAN, Cobertura, Ancho de Banda, Interferencia, Latencia.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha visto el continuo avance tecnológico de los dispositivos electrónicos que permiten conectividad entre los usuarios, razón por la cual se requiere conexiones inalámbricas para permitir esta comunicación y dentro de la Universidad Católica de Colombia el uso de estos dispositivos genera una continua demanda de servicios (voz, datos, videos), que exige a la red existente el cumplimiento de normas de transmisión que garanticen la calidad del servicio(Q o S) sin presentar inconvenientes para los intereses del usuario final.

Al no ser ajena a esta situación la Universidad ha demostrado el interés de ofrecerle mejor servicio a sus estudiantes, y por esto implementó una red inalámbrica a partir de su red cableada en todas sus sedes, para cumplir con la demanda que se está presentando dentro del campus universitario.

Teniendo en cuenta que esta red inalámbrica es sin restricciones y se accede por ser estudiante de la Universidad (autenticación por usuario y contraseña) su uso se ve altamente congestionado, presentándose una percepción de inconformismo por parte de la comunidad académica. Situación que repercute en el bienestar estudiantil por los servicios prestados por la institución.

A partir de dicha situación es que el presente proyecto realizará un análisis de la red inalámbrica de la Universidad Católica de Colombia sede el Claustro, donde se hará una comparación entre los elementos que intervienen en el rendimiento de una red inalámbrica tales como la latencia, la cobertura, los servicios, las interferencias con las muestras de la situación actual de la red.

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

La Universidad Católica de Colombia cuenta con una red cableada para prestar servicio de acceso a sus estudiantes, en todas sus cuatro sedes, la cual tiene una extensión inalámbrica que permite a los estudiantes acceder a ella desde cualquier lugar del campus Universitario.

En la sede El Claustro, la red cableada está distribuida a lo largo de los laboratorios de sistemas y electrónica, las oficinas de los funcionarios administrativos de las diferentes facultades que funcionan en esta sede.

La red inalámbrica cuenta con Access Point estos serán ubicados mediante la medición de potencias emitidas por estos.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

**1.2.1 Descripción del problema.** En la Universidad Católica de Colombia sede el claustro, existe una red de acceso cableada que brinda una extensión inalámbrica para ofrecer el servicio de conectividad a la comunidad educativa de la universidad.

La percepción que tiene la comunidad estudiantil acerca de la conectividad en la red inalámbrica no cumple con sus expectativas, ya que el acceso no es constante y con frecuencia la conexión que se establece se pierde fácilmente.

**1.2.2 Formulación del Problema.** Para poder determinar que problemas se presentan en cuanto a rendimiento de una red, es necesario poder hacer un análisis de los parámetros que especifican las normas (IEEE 802.11x) frente a observaciones realizadas in situ, de tal manera que se pueda realizar una comparación. Esta información permitirá establecer características de rendimiento de la red inalámbrica de la Universidad.

A manera de pregunta nuestro interrogante es: *¿El rendimiento de la red inalámbrica de la Universidad Sede el Claustro se encuentra dentro de los parámetros establecidos por las normas y el tráfico que se le exige es soportada por ella?*

## 1.3 OBJETIVOS

**1.3.1 Objetivo general.** El proyecto presenta como objetivo general el siguiente:

- Analizar los parámetros del rendimiento de la red WLAN sede Claustro Universidad Católica de Colombia.

**1.3.2 Objetivos Específicos.** El proyecto presenta como objetivos específicos los siguientes:

- Recolectar el estado actual de la infraestructura en que se encuentra la Red WLAN de la Universidad Católica de Colombia sede El Claustro.
- Desarrollar el estado del arte en materia de arquitectura de Redes WLAN.
- Realizar un análisis de los parámetros de desempeño de la Red WLAN Universidad Católica de Colombia.
- Realizar una propuesta de mejoramiento en la WLAN Universidad Católica de Colombia.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Tanto la comunidad estudiantil como funcionarios administrativos se ven altamente beneficiados al tener acceso a la conectividad inalámbrica que brinda la Universidad Católica de Colombia, de tal manera que se debe ofrecer una conexión con rendimiento aceptable y calidad de servicio QoS, para suplir las necesidades que existen dentro del ámbito Universitario.

El desarrollo del trabajo busca:

- Desde el punto de vista de los estudiantes: presentar una propuesta que permita a las directivas de la universidad un replanteamiento de la infraestructura de la red inalámbrica.
- Desde el punto de vista de los administradores de la Red: tener un documento que permita revisar los aspectos evaluados en el rendimiento de la red.
- Desde el punto de vista de la investigación: articular los conocimientos teóricos adquiridos a lo largo de nuestra formación con la práctica de la toma de muestras de rendimiento de la red.

## 1.5 DELIMITACIÓN

**1.5.1 Espacio.** El Análisis del rendimiento de la red se ejecutara en la sede el Claustro de la Universidad Católica de Colombia.

**1.5.2 Tiempo.** El desarrollo del proyecto se realizara en un periodo de 16 semanas, desde el 22 de Julio de 2013 al 10 de Noviembre de 2013.

**1.5.3 Alcance.** Realizar un estudio de la red inalámbrica de la Universidad Católica de Colombia sede el Claustro para observar como es el comportamiento de ésta y los factores que la están perjudicando. Algunos de los factores pueden ser:

- La latencia en la que se inyectará tráfico en la red para observar el retardo que presenta los paquetes al viajar desde un cliente a un servidor.
- La cobertura al observar las intensidades de potencia emitida por los diferentes Access Points ubicados en la sede.
- Las interferencias al observar los canales en los que están operando los Access Points.



Finalmente con la información obtenida de las mediciones y las pruebas realizadas a la red se realizara una propuesta de mejoramiento.

## 1.6 MARCO REFERENCIAL

### 1.6.1 Marco Teórico

**1.6.1.1 Redes de área local inalámbrica.** Las conexiones inalámbricas pueden otorgar la libertad a los usuarios de la red cuando van a resolver problemas que no serían posibles de solucionar con redes de cableado fijo, además de que permiten reducir los gastos de implementación de las redes. Estas redes están basadas en la interconexión de datos mediante ondas electromagnéticas, básicamente en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, aunque también pueden funcionar en la banda de los 5 GHz. La norma IEEE que regula esta comunicación es la 802.11x.

Las redes inalámbricas ofrecen la ventaja de la conectividad sin las limitaciones que supone estar atado a una ubicación o por cables, la red inalámbrica pueden ampliar o sustituir una infraestructura con cables en cuanto a costos o en lugares donde está prohibido tener cables. En cualquier escenario vale la pena destacar que las redes inalámbricas actuales basadas en estándares funcionan a alta velocidad, el acceso al usuario supera los 11 Mbps y es de 30 a 100 veces más veloz que las tecnologías de acceso telefónico o de las redes WAN inalámbricas estándar. Básicamente las redes inalámbricas tienen dos formas de trabajar, según la topología *Ad-hoc* y según la topología de *infraestructura*<sup>1</sup>.

- **Topología de infraestructura:** Esta topología es aquella que conecta una LAN de cable con una LAN inalámbrica a través de una estación base, denominada punto de acceso. El punto de acceso une una LAN inalámbrica y la LAN de cable y sirve de controlador central de la red LAN inalámbrica, en donde coordina la transmisión y recepción de múltiples dispositivos inalámbricos dentro de una extensión específica denominada BSS la cual depende del estándar de la conexión inalámbrica que se utiliza.

En la topología de infraestructura puede haber varios puntos de acceso para dar cobertura a zonas grandes o un solo punto de acceso para zonas pequeñas como un hogar o un edificio. Dentro de la topología de infraestructura existen uno o varios BSS los cuales son un conjunto de máquinas o dispositivos que pertenecen a una misma red inalámbrica y que comparten un mismo punto de acceso<sup>2</sup>.

Algunas características de una topología de Infraestructura:

- Son las más comunes.
- Cada celda opera su propio canal.

---

<sup>1</sup> MOLINER, Francisco. Informáticos Generalitat Valenciana. Vol. 2. España: Mad, S.L, .2005. p. 75.

<sup>2</sup> Ibid, p 76.

- Utilizan dispositivos llamados Access Point (AP).
  - La BSS se define por la distancia al AP.
- **Topología Ad Hoc:** Esta topología carece de un controlador y punto de acceso por lo que los propios dispositivos inalámbricos crean la LAN, donde todos los dispositivos se comunican directamente con los demás que tengan el mismo SSID en lugar de pasar por un controlador central. Algunos entornos en los que podrían utilizarse redes inalámbricas Ad Hoc serían hogares sin LAN de cable o una sala de conferencias donde varios grupos se reúnen con regularidad para intercambiar ideas<sup>3</sup>. Algunas características de una topología de Ad Hoc:
    - Solo punto a punto.
    - Son fáciles de configurar.
    - Las redes independientes no utilizan Access Point (AP).

**1.6.1.2 Tecnologías 802.11.** Como se mencionó anteriormente la tecnología 802.11 se utiliza para realizar conexiones en redes inalámbricas y debido al rápido desarrollo de la tecnología han aparecido diferentes variantes denominados estándares por la IEEE de esta tecnología. A continuación se explicarán los estándares más importantes para el desarrollo del análisis propuesto en este proyecto:

- **802.11a:** El estándar 802.11a define un rango de operación de 5 GHz en los cuales se designan 8 canales dentro de su operación. Su velocidad oscila alrededor de 54 Mbps pero en realidad esto no se presenta ya que su tecnología se basa en un ancho de banda compartido, es decir que el espacio donde funciona se divide entre los usuarios que la estén utilizando en ese momento y a medida que aumenta la distancia el rendimiento disminuye<sup>4</sup>.

Las principales ventajas de este estándar radican en que no presentan interferencias ya que usan la banda de 5 GHz, además de que su velocidad de hasta 54 Mbps es la mayor entre sus competidoras (802.11 b/g). Entre sus inconvenientes se destaca su costo es elevado a pesar de que han pasado varios años desde su creación, esto debido a que los fabricantes de dispositivos inalámbricos produjeron en mayor medida estándares b y g. Por otra parte su alcance es limitado en comparación con otras normas, y si un usuario quisiera migrar a esta tecnología tendría que colocar más Access Point para que funcione de manera eficiente, lo que aumentaría sus costos<sup>5</sup>.

---

<sup>3</sup> LEON E, SIGUENCIA H. NORMAS IEEE 802.11a, 802.11b y 802.11g. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, 2006, p. 12.

<sup>4</sup> WHEELER, William. Integrating Wireless Technology in the Enterprise, USA: Elsevier, 2004. p. 56.

<sup>5</sup> MONTICO, Matías. Guía avanzado de redes Wireless, Sao Paulo: Universo dos Libros Editora, 2009. p 26.

Sus características principales son:

- Velocidad máxima de hasta 5 Mbps.
  - Frecuencia de operación de 5 GHz.
  - Modulación mediante OFDM.
  - No es compatible con las normas 802.11b y 802.11g.
- **802.11b:** Este estándar es la implementación más común que existe ya que al operar en una frecuencia de 2,5 GHz no hay que pagar por el uso del espectro. Este designa tres canales dentro de su operación y su velocidad máxima se ubica en los 11 Mbps debido a que funciona con un ancho de banda compartido al igual que el estándar anterior por lo que a mayor distancia el caudal de datos va a disminuir<sup>6</sup>.

Su principal ventaja es su compatibilidad ya que es el estándar actual para redes WLAN y sus costos son mucho más bajos en comparación con los demás estándares. La desventaja más notoria es su baja velocidad de solo 11 Mbps que no es aconsejable para transmitir archivos datos que ocupan mucho espacio. A utilizar la frecuencia de 2,4 GHz es propenso a mayores interferencias en comparación al estándar anterior, y ya que su alcance al ser mayor es susceptible a tener accesos no autorizados deteriorando la seguridad sobre este estándar<sup>7</sup>.

Sus características principales son:

- Velocidad máxima hasta 11 Mbps.
  - Frecuencia de operación 2,4 GHz.
  - Modulación DSSS.
- **802.11g:** Este estándar se creó como una continuación del estándar 802.11a y 802.11b al proporcionar la velocidad de 54Mbps del primer estándar con la compatibilidad del segundo. Es decir este permite crear redes en la banda de 2,4 GHz, compatibles con 802.11b pero trabajando con un ancho de banda de 802.11a<sup>8</sup>.

Presenta compatibilidad total de ofertas con relación a los demás estándares, además de ofrecer una velocidad de 54 Mbps como 802.11a pero sobre la misma frecuencia de 2,5 GHz que le permite utilizar las mismas antenas que 802.11b. Al utilizar la frecuencia de 2,5 GHz sufre los mismos inconvenientes que el estándar anterior<sup>9</sup>.

---

<sup>6</sup> WHEELER, Op. cit., p. 57.

<sup>7</sup> MONTICO, Op. cit., p. 27.

<sup>8</sup> WHEELER, Op. cit., p. 58.

<sup>9</sup> MONTICO, Op. cit., p. 28.

Sus características principales son:

- Velocidad máxima de 54 Mbps.
  - Frecuencia de operación 2,4 GHz.
  - Modulaciones DSSS y OFDM.
- **802.11n:** Es un estándar de cuarta generación compatible con los estándares 802.a, 802.b, y 802.g ya que puede trabajar en dos bandas de frecuencias: 2,4 GHz (la que emplean 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (la que usa 802.11a), tiene un funcionamiento en las frecuencias de 2.4 y 5 GHz, La velocidad real de transmisión podría llegar a los 300 Mbps y debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y unas 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. También alcanza una operación en la redes mayor gracias a la tecnología MIMO Múltiple Input – Múltiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos<sup>10</sup>.

Sus características principales son:

- Puede tener velocidades de 300 Mbps.
- Frecuencia de operaciones de 2,4 GHz y 5 GHz.
- Compatible con los estándares anteriores.
- Utiliza tecnología MIMO (Múltiple Input – Múltiple Output).

**1.6.1.3 Algunos conceptos para un análisis de rendimiento.** A continuación se exponen algunos de los conceptos que se utilizan para realizar un análisis de rendimiento:

- **Retardo:** El retardo es el tiempo que necesita una señal para atravesar un medio, este comprende el tiempo transcurrido entre el instante en que la información se encuentra lista para transmitirse a través de la red y el instante en que ha llegado al otro extremo<sup>11</sup>. El retardo está relacionado con la capacidad de transmisión en la red e intervienen tres tipos diferentes:
  - Retardo de propagación( $T_p$ ): Es el tiempo que tarda la información en viajar por la línea de transmisión desde el emisor hasta el receptor. Este tipo de retardo depende de las características del medio de transmisión, en concreto de la velocidad de propagación de la señal en ese medio particular ( $v_p$ ), y la distancia ( $d$ ) que tiene que recorrer la señal entre el emisor y el receptor. Su valor se obtiene mediante la siguiente ecuación:

---

<sup>10</sup> SOLOMON, Michael and KIM, David. Fundamentals of Communications and Networking. USA: Jones & Bartlett Learning, 2013. p. 163.

<sup>11</sup> ESPAÑA, María. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Madrid: Díaz de Santos, S.A. 2003. p 7.

$$T_p = \frac{d}{v_p}$$

- Retardo de transmisión ( $T_t$ ): Es el tiempo que invierte el emisor en poner un paquete, compuesto por una cabecera de tamaño  $H$  bits y un campo de información (payload) de  $p$  bits, en la línea de transmisión. Este tipo de retardo depende de la velocidad de transmisión del equipo emisor ( $c$ ), que se mide en bits por segundo (bps). Su valor se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T_t = \frac{H + p}{c}$$

- Retardo de nodo ( $T_n$ ): Es el tiempo que un nodo necesita para decidir hacia que nodo debe reenviar la información recibida. Depende de la velocidad de proceso del nodo y del tráfico de la red<sup>12</sup>.
- **Cobertura:** Se denomina cobertura a la zona en la que el receptor puede recibir una señal con un nivel de potencia que le ofrezca al usuario final los servicios esperados (voz, datos) con una calidad aceptable. Por lo tanto al hablar de cobertura se debe tener en cuenta el área que la estación base es capaz de cubrir para proporcionar servicios con una determinada calidad. Los parámetros de calidad que se utilizan para establecer si una zona está en área de cobertura comprenden la relación señal a ruido, relación señal interferencia, probabilidad de error o el nivel de potencia de la señal recibida<sup>13</sup>.
- **Interferencias:** En la tecnología inalámbrica, la palabra interferencia es usada típicamente en sentido amplio, para disturbios desde otras fuentes de RF, por ejemplo canales adyacentes. Entonces cuando los constructores de redes inalámbricas hablan de interferencias, generalmente se refieren a todos los tipos de alteraciones generadas por otras redes y otras fuentes de microondas. La interferencia es una de las fuentes de problemas más comunes en el despliegue de enlaces inalámbricos, especialmente en ambientes urbanos donde muchas redes pueden competir por el uso del espectro<sup>14</sup>.

<sup>12</sup> MALAGOSA, José, MANZANARES, Pilar and MUÑOZ, Juan. Practica 1: Retardo en Conmutación de Paquetes. Cartagena. Universidad politécnica de Cartagena. p 1.

<sup>13</sup> SALLEN, Oriol, VALENZUELA, José and AGUSTÍ, Ramos. Principios de Comunicaciones Móviles. Cataluña. Universidad Politécnica de Cataluña. 2003. p 69.

<sup>14</sup> VARIOS AUTORES. Redes Inalámbricas en los países Desarrollados. 3 ed. Hacker Friendly. 2008. p 21.

**1.6.2 Estado del Arte.** La facilidad de acceder a una red utilizando dispositivos electrónicos permite manejar grandes cantidades de información la cual puede generar congestiones en las redes a las que se conectan y de esta manera perder QoS para el usuario final. El conocimiento sobre el funcionamiento de una red inalámbrica y sus tecnologías son parte fundamental para el análisis de una red existente además de conocer las variables que afectan el desempeño de estas, para así ofrecer una visión clara de los factores que pueden afectar el rendimiento de una red. A continuación se mostraran trabajos que exponen conocimientos teóricos sobre redes inalámbricas y análisis de sus tecnologías en diferentes entornos.

Un recuento sobre las características de la tecnologías inalámbricas se observa en “NORMAS IEEE 802.11<sup>a</sup>, 802.11b y 802.11g”<sup>15</sup> donde expone que una de las funciones principales ofrecidas por las redes WLAN, es la capacidad de proporcionar conectividad y acceso a las redes Ethernet (Redes cableadas), brindando al usuario la posibilidad de tener movilidad y flexibilidad que ofrecen las redes inalámbricas que tienen como medio de transmisión el aire o el espectro electromagnético, la masificación de utilizar dispositivos inalámbricos y beneficios que brindan como ahorro de infraestructura y económicamente presenta más beneficios es un punto determinante para tener una regulación a nivel de estándares, de tal manera regular las conexiones inalámbricas, los dispositivos tienen que regularse de manera que puedan tener interconectividad entre ellos teniendo en cuenta que unos tienen características más significativas que para el usuario se ven reflejadas en el aprovechamiento del servicio.

En el caso mencionado por Velázquez <sup>16</sup> se diseña una red inalámbrica teniendo como base la demanda de tráfico en donde para revisar el tráfico que más se demandaba se diseñó un software que permita el diseño de redes inalámbricas dentro de un entorno regional usando métodos de optimización Tabu (Tabu Search), permiten identificar los posibles puntos de acceso (AP) que se necesitaran, el uso de los canales para que los AP puedan irradiar sin que se presente interferencia y la ubicación para poder tener la mejor cobertura ofreciendo mejor servicio para cumplir con la demanda de tráfico necesitada.

Para un análisis de desempeño en red 802.11 tenemos el caso de Rojas <sup>17</sup> que para la demanda de tráfico (voz, texto, imágenes, video) que se necesitan debe cumplir con varios requisitos, fácil acceso a ella y movilidad debido a que la evolución de los dispositivos que permiten conectarse es bastante amplia y de una forma muy rápida, de esta tecnologías se usó la voz como estudio siendo una de las más usadas y hacia dónde va la tendencia de la voz, que se

---

<sup>15</sup> LEON E, SIGUENCIA H. NORMAS IEEE 802.11<sup>a</sup>, 802.11b y 802.11g. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, 2006.

<sup>16</sup> VELASQUEZ C. Diseño de redes inalámbricas de área local (IEEE 802.11b) con base en la demanda de tráfico. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica Universidad de los Andes. Bogotá. 2007.

<sup>17</sup> ROJAS H. Análisis de desempeño de una red 802.11 para la transmisión de VoIP. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica Universidad de los Andes. Bogotá. 2007.

llama voz sobre IP (VoIP), la convergencia de servicios ofrecidas por los ISP, está transportando la voz en redes de conmutación de paquetes de esta forma es un beneficio económico disminuyendo los costos, en este estudio se diseñaron y definieron métricas para poder ver el desempeño que pueda describir que tanto puede congestionar la red y poder interpretar las métricas cargando voz en los paquetes que se envían de forma conmutada.

En el publicación relazada por Páez<sup>18</sup> se analiza un sistema de comunicación en un centro comercial donde se tiene en cuenta ámbitos cerrados que estén rodeados de paredes, vitrinas se puede ver el análisis dentro de un centro comercial, en el cual se desarrollan un modelo que tiene la capacidad de evaluar el entorno de todo un sistema inalámbrico usando técnicas de simulación por eventos discretos, en este estudio se logra evidenciar como tiene una acción directamente proporcional el sitio debido a que es encerrado y presenta varios obstáculos. Por otro lado en el trabajo desarrollado por Gualdrón y Díaz<sup>19</sup> se análisis el desempeño de la norma IEEE 802.11 para la conectividad en zonas rurales la cual debe tener en cuenta las distancias de propagación y el alcance para tener servicio que cumpla con las características del usuario, se pretende ver de manera descriptiva el comportamiento de la capa 2 del modelo OSI (física), de tal manera ver el despliegue de la red y el alcance que puede tener, se realiza teniendo enlaces punto a punto.

## 1.7 METODOLOGÍA

**1.7.1 Tipo de Estudio.** El proyector que se realizará comprende una implementación teórica y práctica. Es teórica ya que se realizará una recopilación de información sobre las redes inalámbricas para establecer su funcionamiento y los requisitos que deben tener para un correcto funcionamiento, además de realizar el análisis de rendimiento al comparar la información teórica con la información recolectada.

Es práctico porque se va a realizar una recolección de información sobre la potencia radiada por los Access Point, además de realizar una captura de información que viaja de un cliente a un servidor a través de la red inalámbrica. De igual manera se plasmará en un plano la topología de la red existente para determinar los radios de cobertura de los Access Point a partir de la potencia capturada.

---

<sup>18</sup> PAEZ C. Análisis de un sistema de comunicación inalámbrico en un centro comercial por medio de la técnica de simulación por eventos discretos. Ingeniería y Universidad. Publicación semestral de la Facultad de ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana. Volumen 11, Numero 2. 2007.

<sup>19</sup> GUALDRÓN O y DÍAZ R. Análisis de desempeño del IEEE802.11 para la conectividad de zonas rurales de Colombia. ITECKNE. Volumen 9. Número 2. 2012.

**1.7.2 Fuentes de Información.** El presente proyecto utilizará las siguientes fuentes de información:

- Biblioteca Universidad Católica de Colombia.
- Curso de certificación CCNA Cisco Systems.
- Libro de Seguridad de Cisco
- Biblioteca Universidad Nacional de Colombia
- Biblioteca Universidad Javeriana
- Biblioteca Universidad de los Andes

## **1.8 DISEÑO METODOLÓGICO**

A continuación se presentan las diferentes fases que se siguieron para desarrollar el proyecto.

- **FASE 1: Investigación teórica.** La primera fase se centra en la recolección de información sobre la teoría necesaria para la comprender las diferentes variables que intervienen en el diseño de una red inalámbrica, además de las tecnologías usadas por los dispositivos comunes.
  - **Actividad:** Recolectar documentación sobre la teoría de las redes inalámbricas e identificar las normas y parámetros que rigen a los dispositivos y redes inalámbricas.
- **FASE 2: Recolección y clasificación de la información.** Se realizara las mediciones de intensidad de potencia de los diferentes puntos de acceso existe en la Universidad para poder plasmar en un plano la ubicación de estos puntos. Posteriormente se realizara la captura de la información que se clasificara según el análisis propuesto.
  - **Actividad:** Usar un sniffer (aplicación para capturar intensidades de potencia emitidas por los Access Point), determinar la ubicación de los Access Point en un plano y determinar la irradiación para su respectiva cobertura.
- **FASE 3: Análisis de la información.** Con la información recolectada en el capítulo anterior y utilizando la teoría recolectada en la fase 1 se analizaran los diferentes componentes que interviene en el rendimiento de la WLAN al comparar la información teórica y práctica.
  - **Actividad:** Usar la información capturada en la fase anterior y compararla con la respectiva teoría para determinar si los conceptos investigados están funcionando adecuadamente en la red, arrojando así una clara visión del comportamiento de la red.



- **FASE 4: Propuesta de mejoramiento, conclusiones y recomendaciones.** Con los resultados del Análisis realizado en el capítulo anterior y en base en un modelo de optimización se realizara una propuesta de mejoramiento en donde se van a comparar las ubicaciones de los puntos de acceso en el momento de la toma de datos y las aproximaciones obtenidas mediante el modelo mencionado anteriormente.
  - **Actividad:** Teniendo resultados, hacer una propuesta de mejoramiento de la red para un mejor rendimiento de la misma, de tal manera que se cumpla con el cubrimiento deseado y que el número de usuarios que se conecten puedan tener el mejor rendimiento de la red. Posteriormente se realizaran las conclusiones en base a los resultados obtenidos.

## 2 IDENTIFICACION DE LA SITUACION ACTUAL

### 2.1 IDENTIFICACION DE LOS AP PRESENTES EN LA SEDE EL CALUSTRO.

Las redes inalámbricas cumplen con unos estándares definidos por la IEEE, estos vienen determinados por su respectiva tecnología, 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

Las tecnologías anteriormente nombradas tienen unas características únicas que las identifican, estas varían teniendo en cuenta la velocidad de transmisión, la frecuencia a la cual funciona, su ancho de banda y el método de modulación que usan, en la tabla 1 se pueden ver las características más relevantes de los estándares 802.11x que se encuentran en la actualidad.

Tabla 1. Características Estándares, Indican la frecuencia, velocidad y modulación para cada estándar definido dentro de la tabla

ESTANDAR	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Frecuencia	5GHz	2,4GHz	2,4GHz	2,4 /5 GHz
Velocidad	54Mbps	11Mbps	54Mbps	300Mbps
Modulación	OFDM	DSSS	DSSS/OFDM	OFDM




Fuente. Los Autores

De la Tabla 1 se puede observar que la frecuencia de operación del estándar 802.11a es de 5 GHz en comparación con los demás estándares de frecuencia 2.4 GHz, esta presenta menos interferencias causadas en su mayoría por ondas de microondas. La velocidad de transmisión de datos es mayor en el estándar 802.11n debido a que la propagación de ondas en esta tecnología es diferente a las demás al ser aditiva cuando sus ondas se van reflejando en los obstáculos, es decir que su radio de cobertura no es circular si no una propagación de las ondas lo que permite tener buenas velocidad en distancias donde generalmente sería limitada.

Los fabricantes desarrollan dispositivos que permiten a los usuarios tener conexiones inalámbricas basadas en los estándares definidos, de tal forma que puedan entenderse entre ellos y para tener acceso a una red inalámbrica en modo infraestructura es necesario conectarse a un punto de acceso (Access Point) para tal fin, los cuales son los dispositivos a identificar inicialmente en el proyecto. Estos dispositivos pueden ser configurados como punto de acceso para establecer una conexión entre la red cableada y su extensión inalámbrica permitiendo tener acceso a la red por parte de los estudiantes.

Para identificar los Access Point presentes en la sede el Claustro de la Universidad Católica de Colombia (SCUCC) se usó una aplicación llamada Xirrus Wi-Fi Inspector que permite identificar parámetros propios de la red Ver Figura 1.

Figura 1. Información suministrada por Xirrus Wi-Fi Inspector

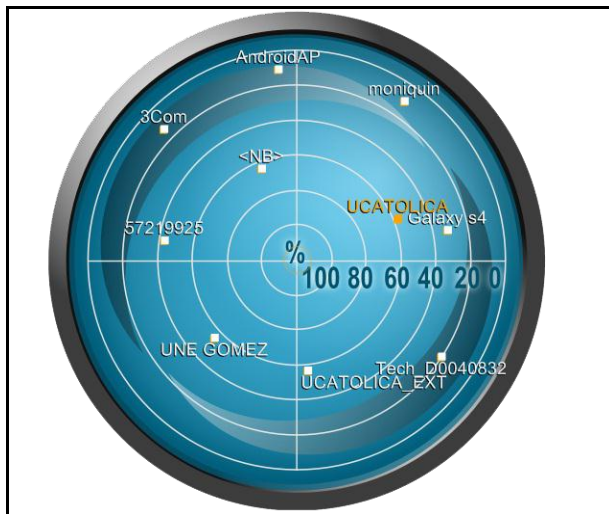
SSID	Signal (%)	Network Mode	Default Encryption	Default Auth
Adapter Name: Adaptador de red 802.11g Broadcom				
UCATOLICA	100 	802.11g	None	Open
<Non-broadcastec	100 	802.11g	AES-CCMP	WPA2/PSK
<Non-broadcastec	82 	802.11g	AES-CCMP	WPA2/PSK
Vendor	BSSID	Channel	Frequency	
Cisco	00:1F:27:55:97:C0	6	2437	
Cisco	00:1F:27:55:97:C1	6	2437	
Cisco	00:1F:27:55:97:C2	6	2437	

Fuente. Los Autores

La Figura 1 muestra la siguiente información, la primera columna de izquierda a derecha muestra el SSID (Service Set Identifier) que es el nombre de la red, la segunda columna muestra la intensidad de la señal en dB o en porcentaje donde a mayor potencia la barra es de color verde y a menor es de color amarillo, en la tercera columna se observa la tecnología (estándar 802.11) que utiliza el AP, de la columna cuatro a seis se observa información como el tipo de encriptación, autenticación, los cuales son abiertos para que el usuario se pueda identificar con su usuario y una contraseña, y por último el fabricante del dispositivo. La columna siete muestra la dirección MAC del AP el cual permite identificar cada AP uno de otro al ser un numero único para él, en la columna ocho se observa el canal que usa el dispositivo para transmitir y recibir información y por último la columna nueve muestra la frecuencia de operación, la cual tiene que coincidir con el estándar mostrado en la columna tres.

Adicionalmente el software suministra la posición dentro de un radio que muestra la potencia recibida el cual permite identificar que tan cerca se encuentra el AP del punto de medida con relación a la potencia, ver Figura 2.

Figura 2. Imagen de Radar, suministrador por Xirrus Wi-Fi Inspector



Fuente. Los Autores

Para identificar el primer AP presentes en la SCUCC se ejecutó la aplicación mencionada anteriormente la cual se filtró en modo de autenticación abierto, para que aparecieran los Access Point que están irradiando con ese tipo de autenticación, se seleccionaron el primer AP que tuvieran el SSID UCATOLICA para el cual se hizo un seguimiento teniendo en cuenta la potencia que se estaba obtenido en el rada del software y para cuando se obtuvo un 90% de esta se logro ubicar el AP físicamente. Este procedimiento se realizó varias veces dentro de la SCUCC donde al final se lograron identificar 7 AP que se nombraron de la siguiente manera ver Tabla 2.

Tabla 2. Características de los AP identificados

AP	UBICACIÓN ACCESS POINT	DIRECCION MAC	TECNOLOGIA	CANAL
AP Nº 1	Laboratorio Nº 3, De electrónica y telecomunicaciones	00:23:34:3D:95:B0	801.11g	11
AP Nº 2	Laboratorio Nº 1 , De electrónica y telecomunicaciones	F4:EA:67:BE:31:30	802.11n	1
AP Nº 3	Arriba Del Laboratorio Nº 7, de electrónica y telecomunicaciones	00:1A:2F:26:13:C0	801.11g	6
AP Nº 4	Laboratorios Física, Tercer Piso	00:1F:27:55:97:C0	801.11g	11
AP Nº 5	Plazoleta De Ingles	00:3A:9A:2A:B5:40	801.11g	11
AP Nº 6	Plazoleta De Ingles	00:3A:99:FB:0C:70	801.11g	6
AP Nº 7	Laboratorio Física, Samsung	00:3A:9A:22:56:30	801.11g	1

Fuente. Los Autores

La Tabla 2 muestra en la columna dos la ubicación de los AP's dentro de la SCUCC, en la columna tres se observa la dirección MAC de cada AP con relación a su ubicación, en la columna cuatro se observa la tecnología que utiliza cada uno donde se evidencia que 6 de los 7 AP identificados utilizan el

estándar 802.11g y uno el estándar 802.11n, y por último en la columna cinco se observa el canal que utiliza cada uno para transmitir y recibir información.

Los Access Point identificados son del fabricante cisco, de los cuales como se mencionó anteriormente 6 Access Point tienen implementado el estándar 802.11g y son de referencia **Cisco Aironet 1240AG Series 802.11A/B/G**, ver Figura 3.

Figura 3. Access Point Cisco Aironet 1240AG Series 802.11A/B/G



Fuente. Los Autores

Dentro de las características más relevantes que nos señala el fabricante se puede observar que soporta los estándares definidos 802.11a, 802.11b, 802.11g. La referencia del último Access Point es **Cisco Aironet 1040** el cual funciona con el estándar 802.11n, ver Figura 4.

Figura 4. Access Point Cisco Aironet 1040



Fuente. Los Autores

Las características más relevantes de este AP son la utilización de tecnología MIMO (múltiple, entrada, múltiple salida), que permite funcionar en las bandas de 2,4GHz y 5GHz, y usar los estándares 802.11 a/b/g, y físicamente permite usar tecnología de alimentación POE (Power Over Ethernet) que es un tipo de implementación por medio del cable Ethernet.

En el Figura 5. Se observa la distribución que existe en la actualidad de los Access Point en la SCUCC.

Figura 5. Plano de ubicación de Access Point dentro de los SCUCC



Fuente. Los Autores

En la Figura 5 se observa la distribución actual de los AP presentes en la SCUCC que dan cobertura a esta sede, donde se observa que los AP 5 y 6 están cubriendo la misma zona que se denominó anteriormente como plazuela de inglés, además de que los AP 1 y 2 que al parecer cubren dos zonas diferentes están muy cerca uno del otro.

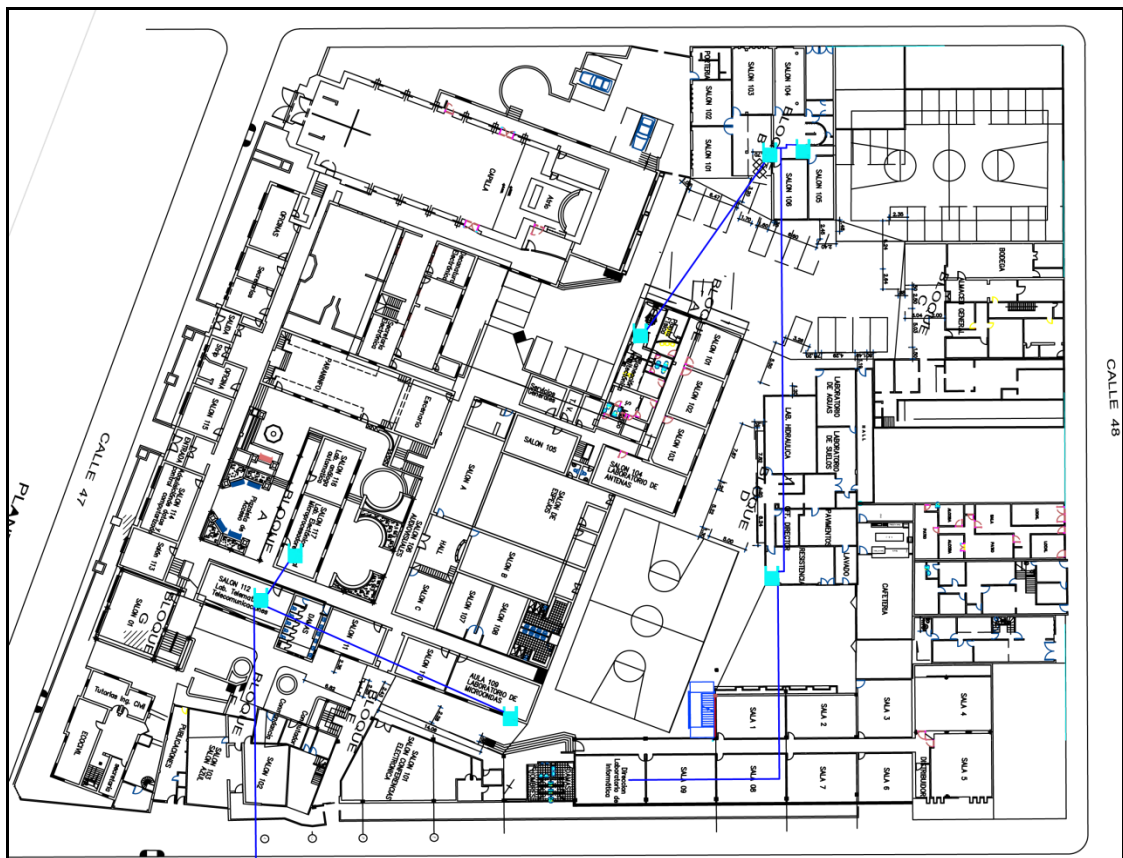
## 2.2 IDENTIFICACION DEL BACKBONE

La red inalámbrica existente en la SCUCC funciona en modo infraestructura, que se define como una extensión de una LAN (Red De Área Local) de forma cableada que viene regido por la norma 802.3 (Estándar Ethernet), la cual está distribuida a lo largo de la SCUCC y que permite conectar los AP identificados

para que de tal manera esta red pueda ser usada por los estudiantes que usen dispositivos con capacidad de conexión inalámbrica. Esta red tiene como finalidad crear una conexión entre el usuario y la red Ethernet para prestar el servicio de conexión a Internet.

Una de las grandes ventajas de las redes inalámbricas en modo infraestructura, es la facilidad de agregar Access Point en los sitios que se requiera cobertura, adjuntándolos al cableado (backbone) existente dentro de la SCUCC, en la Figura 6 se observa el backbone identificado.

Figura 6. Plano del backbone que conecta los Access Point identificados en la SCUCC



Fuente. Los Autores

Este backbone se identificó haciendo un seguimiento de los Access Point, e indagando a los funcionarios de los laboratorios de Electrónica, logrando identificar, el punto inicial de la red encontrándola en la Sede las Torres, la cual se reparte para la SCUCC llegando al Laboratorio N° 3 de Electrónica y Telecomunicaciones, a partir de este punto existe una conexión al Access Point N° 1, y de igual forma al laboratorio N°1(Samsung), el cual conecta el Access Point N° 2 y por ultimo este backbone llega al laboratorio N° 6 el cual se conecta al Access Point N° 3 que viene del laboratorio N° 3.

Debido a la poca información suministrada para identificar las restantes conexiones y haciendo el seguimiento, se asume que el otro punto de inicio, para la conexión de los Access Point restantes, empieza en los laboratorios de sistemas del primer piso, desde ese punto conecta al Access Point 3, seguido de los Access Point 4, 5 y 6 ubicados, a partir de este punto se conecta al último Access Point el N° 7.

De esta manera se logró ubicar el backbone que conecta a los 7 Access Point que se encuentran dentro de la SCUCC.

### **2.3 IDENTIFICACION DE LA COBERTURA.**

Una cobertura es la zona en la cual el receptor puede recibir una señal que le ofrezca el nivel de potencia necesario, para que el usuario pueda acceder a los servicios que esté espera (voz, datos y video) con una calidad aceptable. Por lo tanto al observar el concepto de cobertura se debe tener en cuenta el área que el AP es capaz de cubrir para proporcionar los servicios mencionados con una óptima calidad, además de algún parámetro que se pueda utilizar para establecer una cobertura en esta área ya sea la relación señal interferencia, la probabilidad de error o el nivel de potencia de la señal recibida.

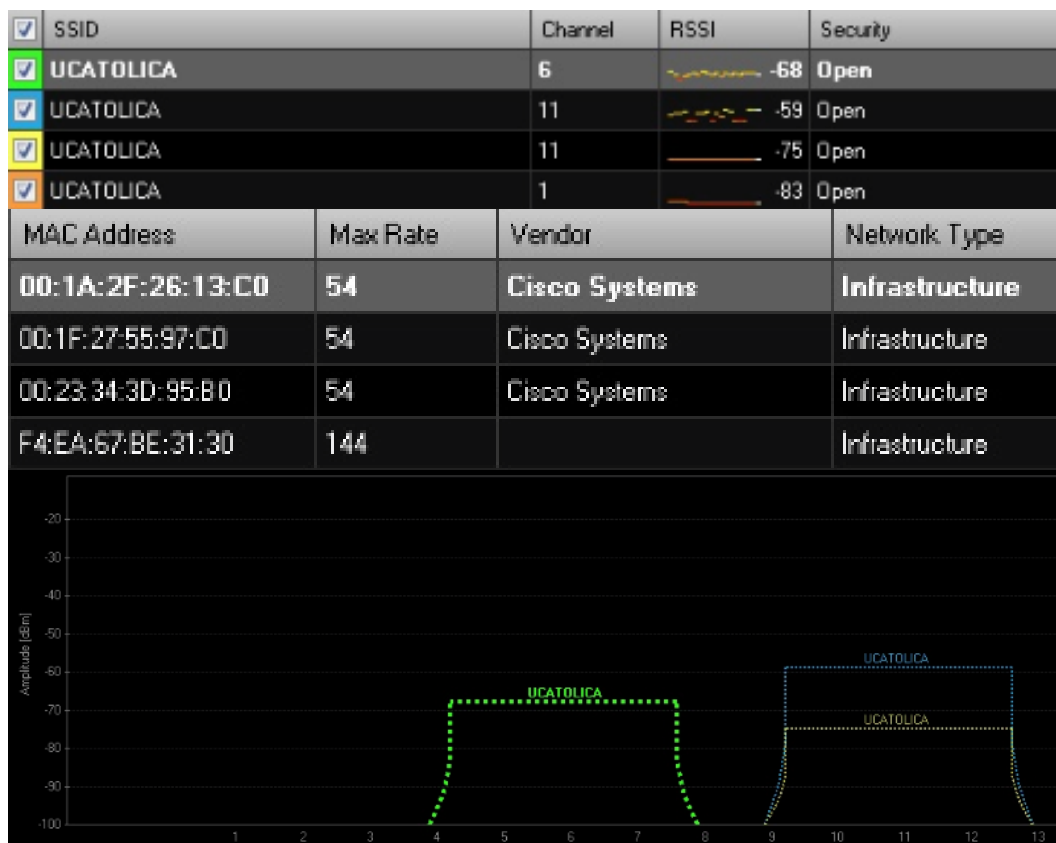
Dentro de la información obtenida en la identificación de la situación actual de la red se pudo establecer que la tecnología que utiliza cada AP es 802.11g, donde la norma indica que el radio de cobertura que suministra esta tecnología es de 100 metros en interior (indoor) y 300 a 400 metros en exterior (outdoor). Para el caso estudio se tomó como radio de cobertura la distancia correspondiente a 100 metros, teniendo en cuenta que gran parte de las zonas que están dispuestas para que los estudiantes accedan a la red inalámbrica están rodeadas de obstáculo que limitan su libre propagación, por lo cual la mejor aproximación que se puede tomar es un radio de cobertura en indoor.

En los Datasheet de los AP identificados se especifica el radio típico en interior donde la máxima velocidad de trasmisión es de 54 Mbps lo cual concuerda con lo establecido en la norma, además de especificar que para lograr esa velocidad se debe estar a no más de 32 metros del AP. Para el caso estudio la cobertura de la SCUCC se observó al hacer capturas del nivel de potencia de la señal recibida donde, mediante el uso de un sniffer denominado Inssider se lograron tomar las medidas de intensidad de potencia dada por cada AP presente en la sede desde distinto puntos de la misma ver Figura 7.

Para poder representar en un plano una aproximación de la cobertura dada por cada AP, se decidió tomar medidas de potencia de los AP en los puntos cardinales de cada uno, para promediar los valores y poder establecer la cobertura que suministra cada AP según una distancia determinada, las medidas se tomaron cada 5 metros hasta completar 15 metros, debido a que el espacio está limitado por salones y edificios que dificultan medidas a mayores distancias.



Figura 7. Información suministrada por el software Inssider.



Fuente. Los Autores

En la Figura 7 se puede observar el software Inssider el cual es muy similar a Xirrus Wi-Fi Inspector ya que este también da el SSID del AP, la dirección MAC, el canal de operación, la potencia recibida de cada AP, pero a diferencia del software anterior Inssider nos permite conocer la velocidad máxima de transmisión de cada AP y una gráfica canal utilizado por cada AP.

En la Tabla 3 se puede observar los niveles de potencia de cada AP, según la distancia a la que se tomó, además de su promedio y se puede observar que al alejarse del AP la intensidad de la señal va disminuyendo al aumentar la distancia. Con la información obtenida se pudo graficar la cobertura real que está otorgando cada AP dentro de la SCUCC mediante el software SigmaPlot el cual permitió realizar una gráfica de niveles con lo cual se puede representar de una manera más clara como es la degradación en la intensidad de la señal al alejarse del AP.

Tabla 3. Niveles de potencia capturado de cada AP y promedios de cada uno.

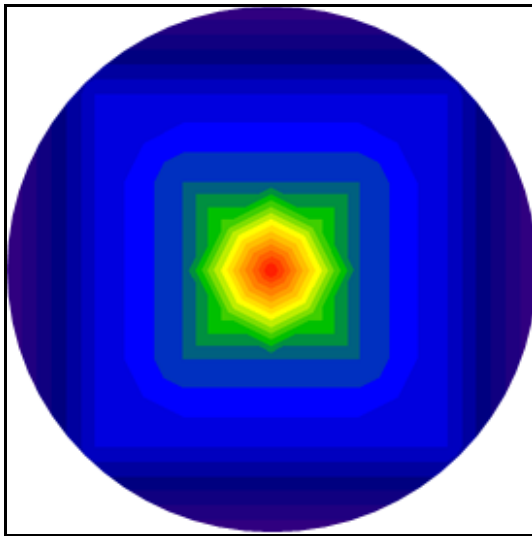
AP	AP 1. (dBm)	AP 2. (dBm)	AP 3. (dBm)	AP 4. (dBm)	AP 5. (dBm)	AP 6. (dBm)	AP 7. (dBm)
norte 5m	-53	-51	-42	-49	-50	-60	-43
occidente 5m		-64	-30	-44	-55	-52	-47
oriente 5m	-56	-38	-64	-59	-42	-45	-47
sur 5m	-39	-51	-53	-57	-46	-34	-36
<b>Promedio</b>	<b>-49</b>	<b>-51</b>	<b>-47</b>	<b>-52</b>	<b>-48</b>	<b>-48</b>	<b>-43</b>
norte 10m	-60	-57	-51	-60			-56
occidente 10m		-62	-40	-46	-45	-46	-53
oriente 10m	-62	-57	-64	-57	-65	-54	-53
sur 10m	-41	-56	-58	-56	-40	-50	-43
<b>Promedio</b>	<b>-54</b>	<b>-58</b>	<b>-53</b>	<b>-55</b>	<b>-50</b>	<b>-50</b>	<b>-51</b>
norte 15m	-58	-63	-82	-55	-71	-72	-66
occidente 15m		-67		-65			-56
oriente 15m	-63		-66	-65	-46	-68	
sur 15m	-46	-59	-58	-57	-73	-67	-47
<b>Promedio</b>	<b>-56</b>	<b>-63</b>	<b>-69</b>	<b>-61</b>	<b>-63</b>	<b>-69</b>	<b>-56</b>

Fuente. Los Autores

De la Tabla 3 se puede observar en amarillo los promedios de cada AP con relación a las medidas que se tomaron, los espacios en blanco que se observa en la misma corresponden a sitios en los cuales no se pudo tener acceso ya que eran ubicaciones que se encontraban en zonas que presentaban obstáculo y dificultaban las medidas desde esos puntos.

En la Figura 8 se observa la cobertura dada por el AP 4 en el cual el punto rojo del centro corresponde a la ubicación del AP con máxima potencia, el color azul indica la potencia recibida a los 15 metros, con lo cual se evidencia que al alejarse del AP la potencia recibida va disminuyendo, lo cual puede generar que la transmisión de información a esta distancia no sea óptima para el usuario.

Figura 8. Cobertura otorgada por el AP 4.

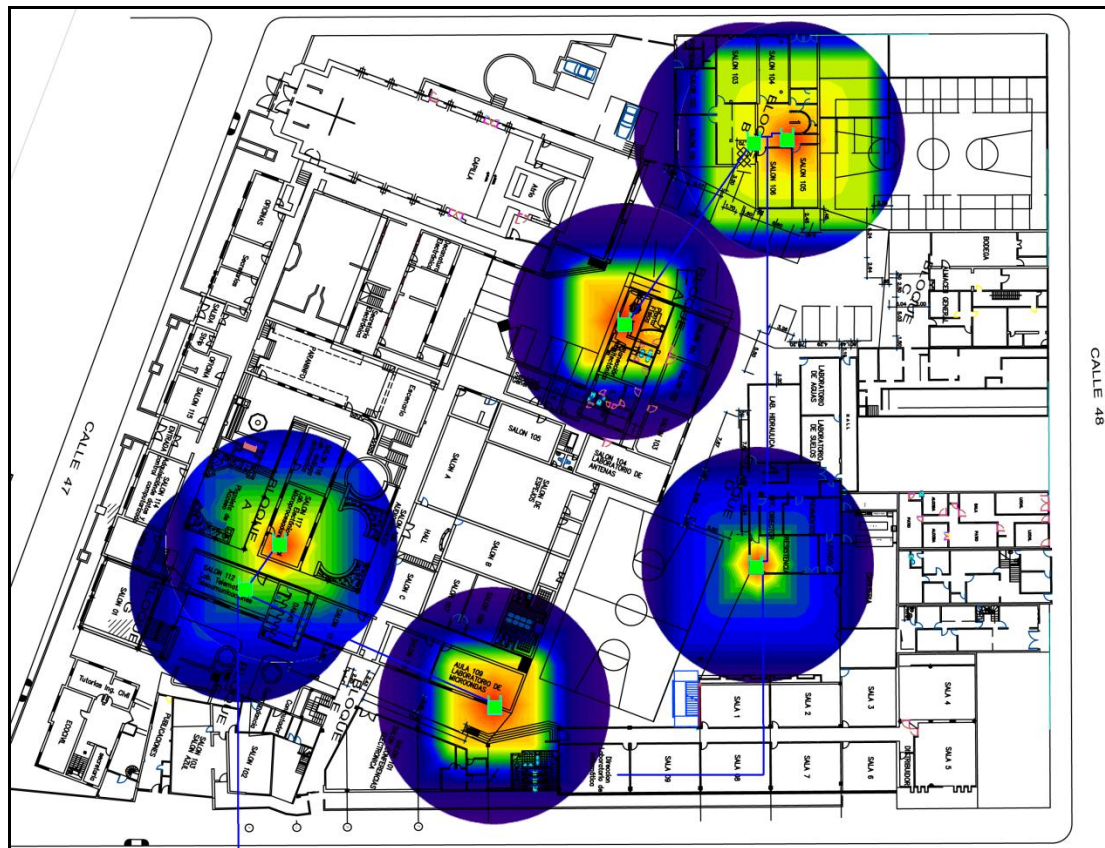


Fuente. Los Autores

La Figura 8 muestra una aproximación de la cobertura del AP 4, la cual se obtuvo mediante el software SigmaPlot al suministrarle los promedios de potencia en las diferentes distancias, esta información se pudo ingresar en una gráfica de niveles la cual dio la figura que se muestra, esta figura tiene una aproximación cuadrada ya que las medidas se tomaron en los cuatro puntos cardinales.

Con los radios de cobertura real otorgado por cada AP fue posible incluirlos en el plano de la SCUCC donde están identificados los AP y el backbone existente, para poder observar de una manera clara cuál es la cobertura real en esta sede de la Universidad, ver Figura 9,.

Figura 9. Plano de la cobertura Ortigada por los 7 AP identificados.



Fuente. Los Autores

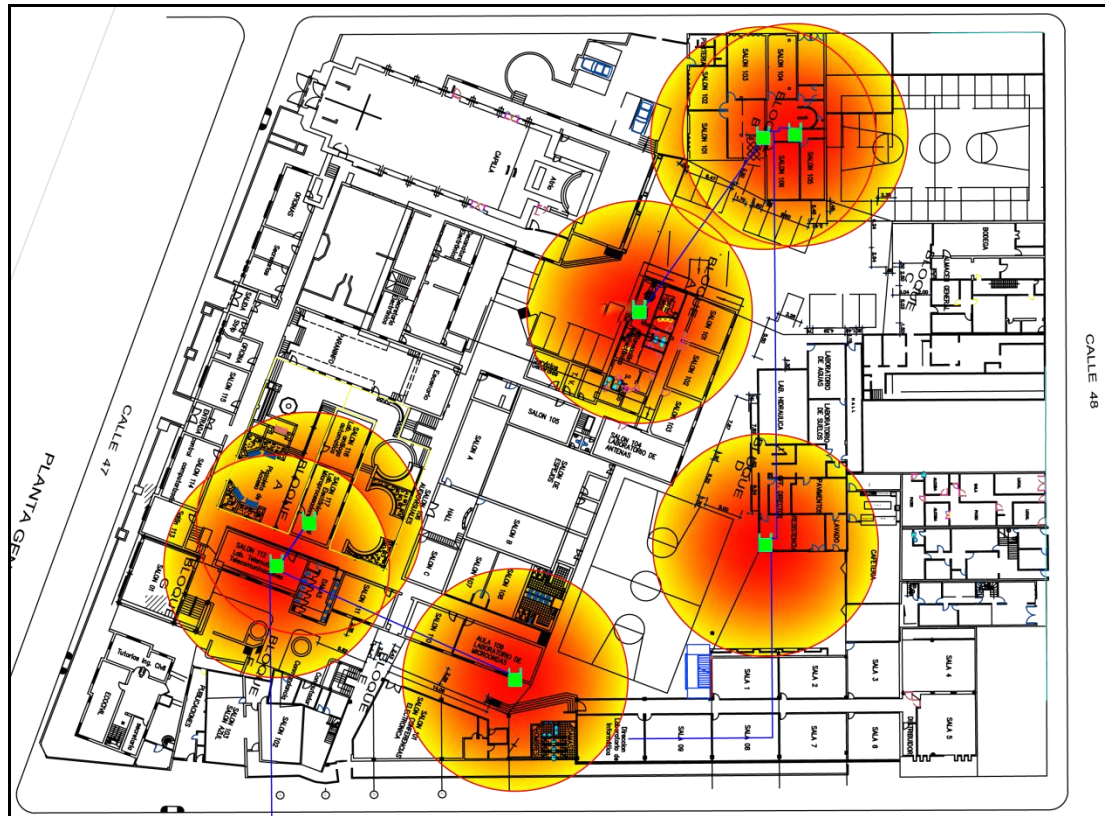
En la Figura 9 muestra la cobertura de los AP presentes en la SCUCC donde se está irradiando fuera de las zonas donde se presenta poca afluencia de estudiantes como lo es la cancha de baloncesto, el parqueadero de la sede, entre otros. Además se evidencia como hay una mala distribución de los AP debido a que más de uno está cubriendo la misma zona, como es el caso de los AP 5 y 6 en la plazoleta Ingles, y el AP 1 y 2 en la plazoleta de entrada, lo que deja otras zonas de la sede sin una cobertura aceptable.

En ciertas zonas con cobertura el diagrama de AP no presenta una degradación uniforme de su potencia en comparación a otras debido a su ubicación y los obstáculos presentes a su alrededor, un ejemplo claro de esta situación se observa al comparar sobre la Figura 9 el diagrama de cobertura del AP 3 y el AP 4, que sin importar que los dos están en una zona outdoor el AP 3 da un rango de potencia mayor que el AP 4 aunque los dos tengan el mismo diámetro de cobertura. Esta diferencia se puede deber al tipo de antena que utiliza cada AP para irradiar su señal ya que la antena del AP 3 es diferente a la antenas del AP 4.

Para realizar un análisis de la cobertura que se está prestando en la SCUCC se decidió realizar sobre el plano de los AP identificados un diagrama de cobertura ideal para así poder comparar si la radiación que está otorgando cada AP es

aproximada a una radiación en condiciones ideales. En la Figura 11 se puede observar la cobertura ideal de cada AP sobre la SCUCC.

Figura 10. Plano de la cobertura ideal de cada AP identificado.



Fuente. Los Autores

En la Figura 10 se observa la cobertura ideal de cada AP realizado en un radio de 15 metros para poder comparar la cobertura real que se tomó en el mismo radio.

Al comparar los planos de la cobertura real e ideal de los AP identificados se puede observar que la radiación de los AP es diferente en ciertos lugares, como lo es la ubicación del AP 4, el cual al estar en una zona outdoor es más susceptible a sufrir de interferencias provocadas por las condiciones climáticas, e interferencia de microondas. En contraste para la ubicación de los AP 5 y 6 el diagrama real es una buena aproximación de la cobertura ideal ya que la ubicación en la que están da una condiciones indoor al estar rodeada de salones, lo cual limita las interferencia externas.

## 2.4 ANCHO DE BANDA

Para determinar los servicios que soporta la red inalámbrica de la SCUCC se realizaron medidas de los protocolos UDP y TCP, los cuales son utilizados cuando se hace transmisiones de los servicios más comunes como lo son voz, datos y video. Para así determinar si es posible acceder a estos servicios

desde cualquier punto de la universidad que tenga cobertura por parte de alguno de los AP identificados.

Teniendo en cuenta que los servicios de UDP se utilizan para transmitir principalmente voz y video y los servicios TCP se usan para transmitir datos, estos servicios deben cumplir con unos requisitos mínimos de ancho de banda para poder ser transmitidos de una forma eficiente, a continuación en la Tabla 14, se muestran los requisitos mínimos que se deben cumplir para poder tener servicios eficientes.

Tabla 4. Información de ancho de banda para transmisión de voz, datos y video

Application	Excellent (kbit/s)	Good (kbit/s)	Basic (kbit/s)	Rejected
Voice	30	30	30	0
Video	2000	384	256	0
Data	100	50	10	0

Fuente. Piamrat, Kandaraj. Ksentini, Adlen. Bonnin Jean-Marie. Viho, César. Radio resource management in emerging heterogeneous wireless networks. En: Computer Communications. 21 de febrero, 2010. vol. 34, p. 1066-10796

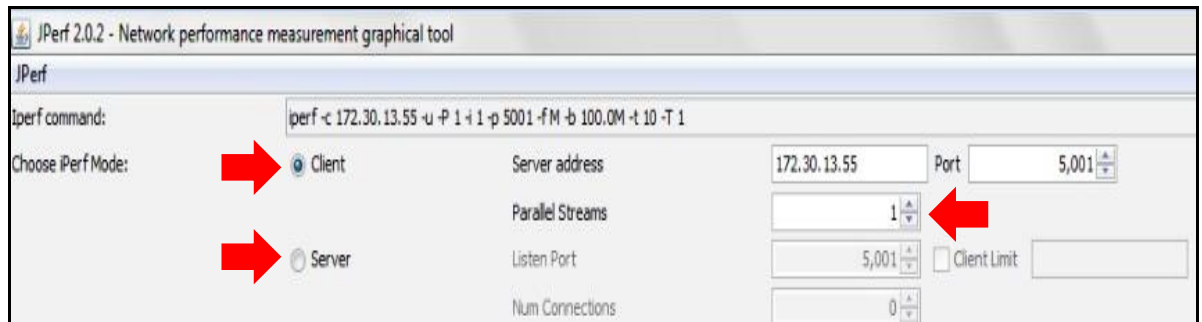
La Tabla 4 muestra en una calificación de excelente bueno y básico la relación de ancho de banda para poder transmitir voz, video y datos donde con un ancho de banda de 256 kbit/s se podría transmitir estos servicios de una manera básica y con un ancho de banda de 2000 kbit/s sería posible transferirlos de una manera excelente.

**2.4.1 Medidas UDP.** El protocolo UDP (user datagram protocol), es un protocolo de capa 4 (transporte) del modelo OSI que crea un mejor esfuerzo es decir que permite que el ancho de banda sea variable para transmitir información, es un protocolo no orientado a conexión ya que no se necesita una confirmación y lo único que interesa es enviar información, ya que los datagramas que se transmiten contiene la dirección IP en la cabecera. Este protocolo no incluye la detección de errores de tal manera que al reducir la información y las comprobaciones, aumenta la velocidad de transferencia.

El protocolo tiene principalmente usos en aplicaciones DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol), DNS (Dominio Name Server), para las transmisiones de audio y video en tiempo real además no se requiere retransmisión.

Para observar el comportamiento del ancho de banda en la transferencia de información se realizaron medidas del protocolo UDP en la SCUCC con el software JPERF, lo cual nos permite observar el comportamiento del ancho de banda, ver Figura 10, este software me permite tener una conexión cliente-servidor configurando la dirección IP del servidor.

Figura 11. Información que se suministra en JPERF, para modo cliente.



Fuente. Los Autores

La Figura 11 muestra las dos formas de configuración del software, el cual puede ser tanto cliente como servidor, y al ser configurado de modo cliente es necesario ingresar la dirección del servidor para establecer la conexión, además de que es posible configurar el envío de varios paquetes en paralelo.

Además JPERF, me permite determinar el tamaño del paquete que se va a enviar, la duración del envío, el intervalo de reporte e indicar sobre que protocolo se van a realizar las pruebas, Ver Figura 12.

Figura 12. Información ingresada a JPERF para determinar protocolo, reporte de intervalo y tamaño de los paquetes enviados

The image shows a screenshot of the JPERF application configuration window, divided into two main sections: "Application layer options" and "Transport layer options".

**Application layer options:**

- Enable Compatibility Mode
- Transmit: 180 (unit: Seconds)
- Output Format: KBits
- Report Interval: 1 seconds
- Testing Mode:  Dual  Trade
- test port: 5,001
- Representative File: [empty]
- Print MSS

**Transport layer options:**

Choose the protocol to use

TCP

- Buffer Length: 2 MBytes
- TCP Window Size: 56 KBytes
- Max Segment Size: 1 KBytes
- TCP No Delay

UDP

- UDP Bandwidth: 54 MBytes/sec
- UDP Buffer Size: 41 KBytes
- UDP Packet Size: 1,500 Bytes

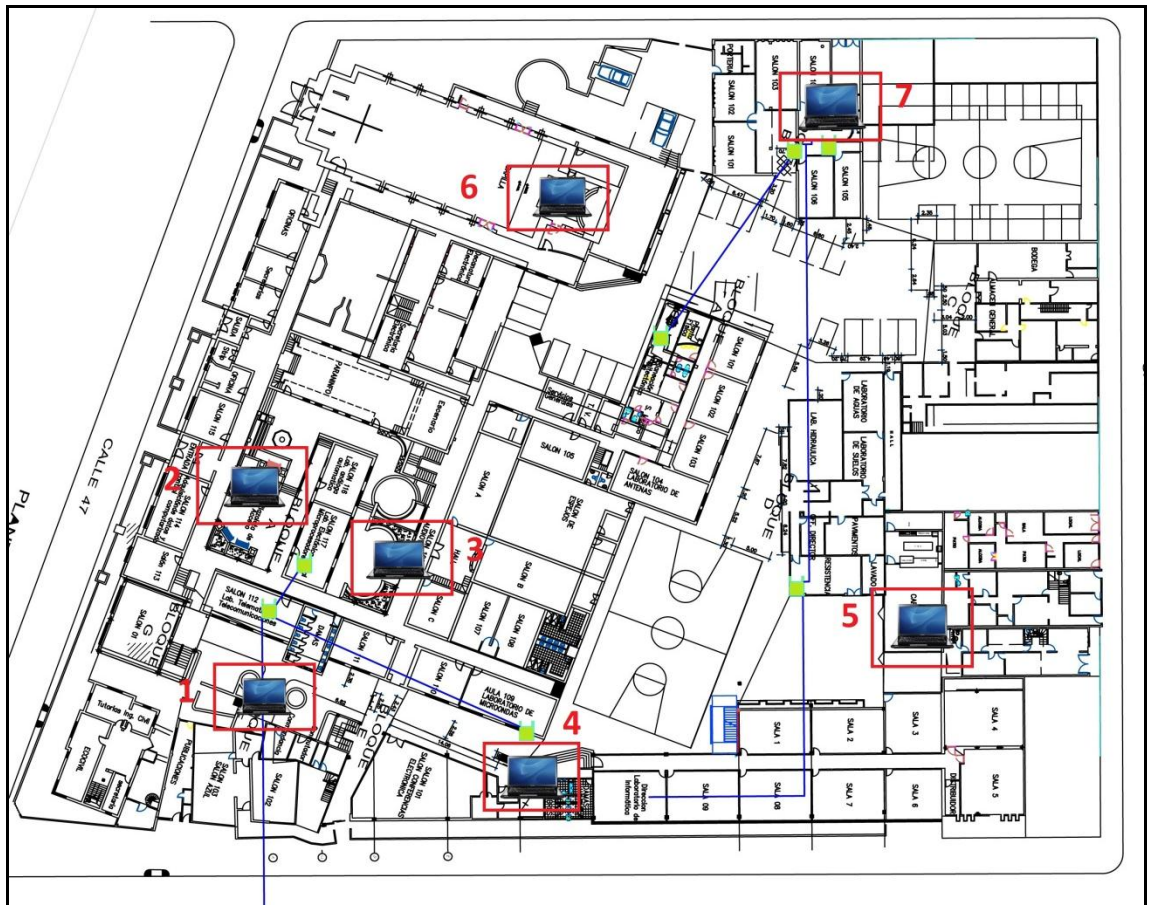
Fuente. Los Autores

En la Figura 12 se puede observar que para medidas UDP se estableció un ancho de banda de 54 Mbps ya que al ser una red inalámbrica esta debería ser capaz de proporcionar esta velocidad de transmisión teórica. Esta medida se realizó en un intervalo de 180 segundos (3 minutos), para poder tener una conexión constante y de esa manera poder establecer el ancho de banda promedio que se tuvo en la transmisión.

Para obtener el ancho de banda promedio se estableció el servidor en un equipo que estuviera conectado a la red cableada de la SCUCC, para de esta manera determinar este promedio. Las pruebas se realizaron desde los puntos donde se encontró mayor afluencia de estudiantes, ver Figura 13.



Figura 13. Puntos para realizar pruebas de UDP



Fuente. Los Autores

Como se observa en la Figura 13 se realizaron las medidas en los 7 puntos que se relacionan a continuación:

1. Plazoleta Ciencias Básicas
2. Plazoleta Samsung
3. Plazoleta Gimnasio
4. 2º Piso, secretaria Ingeniería
5. Cafetería
6. Plazoleta Iglesia
7. Plazoleta Inglés

Teniendo la respectiva configuración en el software JPERF en el cliente y en el servidor, se puso a correr el software el cual está haciendo la transmisión de los paquetes, y luego del tiempo establecido anteriormente en cada uno de los puntos nombrados se realiza la trasmisión. Los resultados se muestran en el cliente y en el servidor donde el reporte del cliente arroja su información y la del servidor.

Las medidas realizadas se ejecutaron desde 3 computadores portátiles, para ver la influencia de la tarjeta de red de cada uno, ver Tabla 5.

Tabla 5. Equipos utilizados y su respectiva tarjeta de red

COMPUTADOR	TARJETA DE RED	ESTANDAR	FABRICANTE
Toshiba	Realtek RTL8187B Wireless 802.11bg 54Mbps	802.11bg	Realtek Semiconductor Corp
HP	Adaptador de red 802.11g Broadcom	802.11g	Broadcom
MAC		802.11n	

Fuente. Los Autores

En la Tabla 5 se observan los equipos que se usaron relacionando su tarjeta de red inalámbrica y el estándar que utiliza cada una.

En la Figura 14 se observa la información suministrada por el cliente de JPERF al finalizar la transmisión de paquetes, en la que se destaca el promedio de ancho de banda del cliente, además de la información reportada por el servidor.

Figura 14. Información de cliente suministrada por JPERF con protocolo UDP



Fuente. Los Autores

En la Figura 14 se observa la interfaz de JPERF la cual nos permite ver el tamaño de los paquetes enviados cada segundo con el respectivo ancho de banda que se usó en el momento del envío, al finalizar la transmisión el software realiza un promedio de ancho de banda utilizado para la transmisión.

Adicionalmente el software realiza una gráfica de ancho de banda con respecto al tiempo en la cual se puede observar de una manera clara la variación de este en la trasmisión.

Al finalizar las medidas que se realizaron en las zonas indicadas anteriormente, se estableció un promedio de ancho de banda usado por cada computador en la red inalámbrica de la SCUCC, en las Tablas 6, 7 y 8 se relaciona el ancho de banda obtenido en cada zona y el promedio de cada computador.

Tabla 6 . Ancho de Banda obtenido con computador Toshiba en Protocolo UDP

<b>COMPUTADOR TOSHIBA</b>		
	<b>CLIENTE</b>	
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>BANWIDTH</b>	<b>UN</b>
Plazoleta Básicas	7953	Kbits/sec
Iglesia	6519	Kbits/sec
Plazoleta Gimnasio	22507	Kbits/sec
Plazoleta Samsung	13376	Kbits/sec
Cafetería	5585	Kbits/sec
Plazoleta Ingles	8934	Kbits/sec
<b>PROMEDIO</b>	<b>10812,33</b>	<b>Kbits/sec</b>

Fuente. Los Autores

Tabla 7. Ancho de Banda obtenido con computador HP en Protocolo UDP

<b>COMPUTADOR HP</b>		
	<b>CLIENTE</b>	
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>BANWIDTH</b>	<b>UN</b>
Plazoleta Básicas	4586	Kbits/sec
IEEE	3683	Kbits/sec
Plazoleta Gimnasio	6504	Kbits/sec
Plazoleta Samsung	5614	Kbits/sec
Laboratorio 7	3239	Kbits/sec
Plazoleta Ingles	5018	Kbits/sec
<b>PROMEDIO</b>	<b>4774,00</b>	<b>Kbits/sec</b>

Fuente. Los Autores

Tabla 8. Ancho de Banda obtenido con computador MAC en Protocolo UDP

<b>COMPUTADOR MAC</b>		
	<b>CLIENTE</b>	
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>BANWIDTH</b>	<b>UN</b>
Laboratorio 6	3942	Kbits/sec
Iglesia	5809	Kbits/sec
Plazoleta Ingles	4656	Kbits/sec
Cafetería	4265	Kbits/sec
Laboratorio 7	2792	Kbits/sec
Plazoleta Básicas	6136	Kbits/sec
Plazoleta Samsung	8604	Kbits/sec
Plazoleta Gimnasio	10505	Kbits/sec
<b>PROMEDIO</b>	<b>5838,625</b>	<b>Kbits/sec</b>

Fuente. Los Autores

En las Tablas 6, 7 y 8 se observa el ancho de banda obtenido por cada computador en las diferentes zonas donde se realizaron las medidas utilizando el protocolo UDP.

Dentro de los resultados obtenidos sobre el protocolo UDP se observa que no existe uniformidad en las medidas obtenidas por los tres computadores tanto entre ellas como entre los diferentes sitios donde se realizaron las medidas. A pesar de esta situación se puede observar al comparar las medidas que el ancho de banda obtenido en los lugares denominados Plazoleta Gimnasio y Plazoleta Samsung estas presentan el mayor ancho de banda para la transmisión de información, esta situación se puede deber a que estas zonas están principalmente cubiertas por el AP 2 el cual funciona con tecnología 802.11n el cual permite tener mayor ancho de banda que la tecnología de los demás AP identificados.

De igual forma entre las diferentes medidas se puede observar que los sitios denominados Cafetería y Laboratorio 7 presentan el menor ancho de banda posible, donde el sitio Laboratorio 7 al estar cubierto por AP 3 que está en una zona outdoor puede sufrir mayor interferencia en comparación de otras zonas, lo que puede ocasionar una mala transmisión entre el usuario y el AP. La zonas denominada Cafetería presenta un menor ancho de banda debido a que esta zona cuenta con una limitada cobertura que al observar la Figura 9, donde se presenta la cobertura real de los AP identificados se observa que esta zona no cuenta con una cobertura completa ni con una potencia aceptable, lo que puede disminuir la velocidad de transmisión y por tanto el ancho de banda.

A pesar de observar en las medidas que no existe uniformidad en el ancho de banda se puede establecer por los resultados obtenidos que el ancho de banda obtenido en los diferentes sitios, soporta la transmisión de video, donde en la

Tabla 4 se expone que un ancho de banda de 2000 kbits/sec se considera excelente para este tipo de transmisión.

**2.4.2 Medidas TCP.** El protocolo TCP (Transmission Control Protocol), es un protocolo de capa 4 (transporte), del modelo OSI que me permite y da la facilidad de administrar los datos que vienen de capas inferiores, este es un protocolo orientado a conexión que indica que máquinas se están comunicando y permiten tener una sincronización y comunicación constante para realizar las respectivas transmisiones.

Una de las grandes ventajas del protocolo TCP, es poder tener una comunicación de forma más segura, ya que permite tener acuses de recibo o bits que están informando que las transmisiones se están realizando de manera eficiente y si hay alguna falla en la transmisión obliga hacer un reenvío. Durante una comunicación en la que se esté usando el protocolo TCP, el cliente (emisor) y servidor (receptor), deben establecer una respectiva comunicación donde el cliente realiza una petición de conexión al servidor.

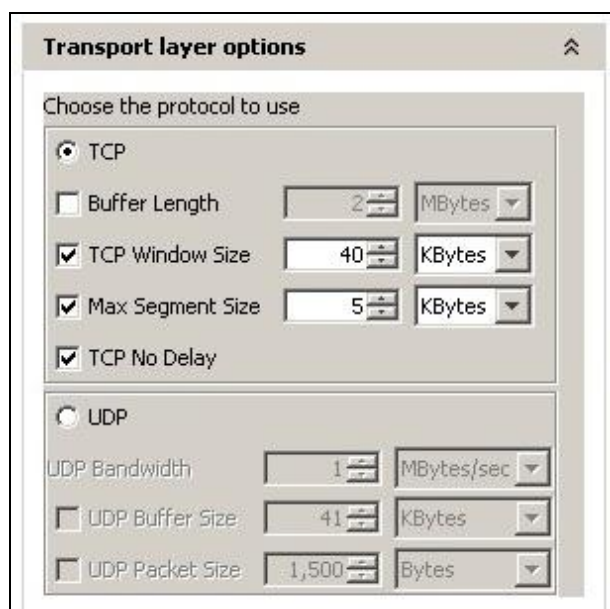
El cliente y el servidor entablan una comunicación de dos canales, por qué se está realizando en ambas direcciones. Existen unas fases para poder tener una transmisión usando el protocolo TCP:

- Como primera fase, tiene que existir una comunicación previa, donde el cliente servidor, determinan los parámetros necesario que tienen para poder transmitir o intercambiar los datos de los mismos, entre esos encontramos el tamaño del buffer los números iniciales de secuencia, el tamaño de la ventana, si el TCP tiene o no algún delay, de tal manera se estaría creando un canal de comunicación que se podría llamar señalización, donde ellos se conocen e identifican los parámetros con los cuales van a empezar a transmitir.
- Cuando se ha establecido una comunicación entre el cliente y servidor, la información que se transfiere entre ellos viaja en ambos sentidos el cliente envía segmentos de datos al servidor y este hace corrección de errores y de tal manera que envía bits de recibo indicando que la transmisión llego exitosa de no ser así el cliente reenvía nuevamente para tener fidelidad en la información que esta llegado. Al tener esta comunicación establecida, existe un control de flujo y control de congestión de tal manera, se trata de asegurar que sea una transferencia 100% exitosa.
- Cuando se ha transmitido la información en su totalidad se genera un cierre de conexión, este viene determinado por alguno de los dos que están conectados, cliente o el servidor, de esta manera se está negociando el cierre o la desconexión, teniendo en cuenta que ya por ninguna de las dos partes existe más información para transmitir.

El flujo de información que se transmite se maneja en una secuencia de bytes (stream), donde el protocolo tiene la tarea de agrupa, dividir y priorizar de la mejor manera la transmisión, logrando así un envío exitoso. Al igual que las

medidas UDP se utilizó el software JPERF configurado en modo de protocolo TCP, ver Figura 15.

Figura 15. Información ingresada a JPERF para determinar para el protocolo TCP

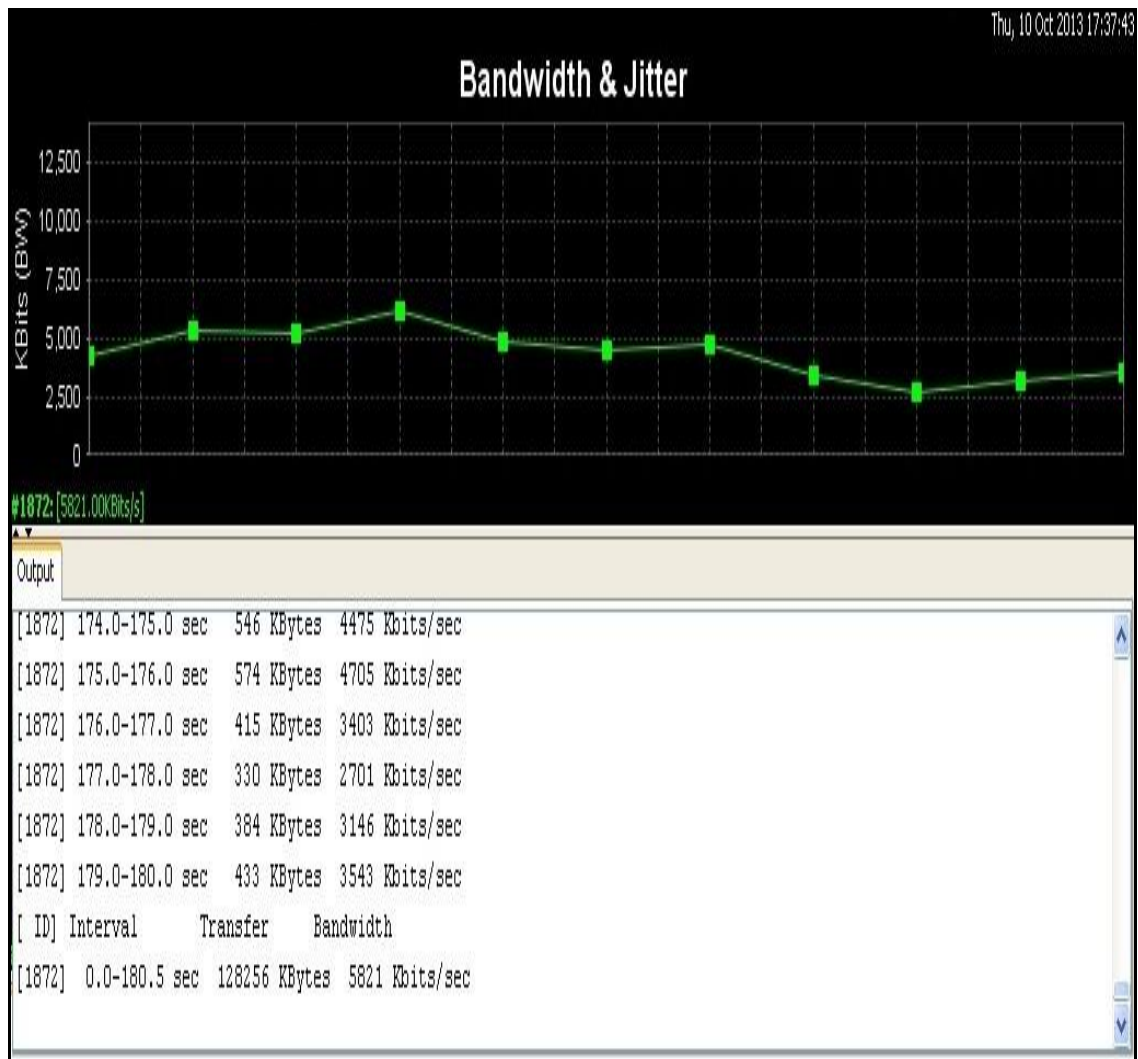


Fuente. Los Autores

En la Figura 15 se observa la configuración del protocolo TCP donde la pestaña de TCP Window Size que significa el tamaño de la ventana el cual indica la cantidad máxima de información que el receptor puede recibir, para nuestro caso se tomó de 40 kBytes. La pestaña Max Segment Size significa el tamaño máximo de segmento el cual indica el tamaño máximo de paquete que se puede recibir dentro del flujo de datos. La pestaña TCP No Delay se utiliza para que los paquetes enviados no se muy pequeños y así evitar la congestión que estos paquetes puedan generar en la red.

Las medidas TCP se realizaron en las zonas identificadas anteriormente para realizar las medidas, y utilizando los tres computadores que se relacionan en la Tabla 5 para realizar las medidas de UDP. En la Figura 16 se observa la información suministrada por el cliente de JPERF al terminar la transmisión de información.

Figura 16. Información de cliente suministrada por JPERF con protocolo TCP



Fuente. Los Autores

En la Figura 16 se observa la trasmisión de los paquetes cada segundo, la variación del ancho de banda utilizado en ese instante y una gráfica que relaciona la información anterior. Estas medidas se realizaron con los tres computadores mencionados anteriormente, al finalizar se realizó un promedio del ancho de banda utilizado por cada uno para la trasmisión. En las Tablas 9, 10 y 11 se observa la trasmisión de cada computador y su promedio.

Tabla 9. Ancho de Banda Obtenido con computador Toshiba en Protocolo TCP

<b>COMPUTADOR TOSHIBA</b>		
	<b>CLIENTE</b>	
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>BANWIDTH</b>	<b>UN</b>
Plazoleta Básicas	5822	Kbits/sec
Iglesia	3730	Kbits/sec
Plazoleta Gimnasio	13663	Kbits/sec
Plazoleta Samsung	9560	Kbits/sec
Cafetería	545.00	Kbits/sec
Plazoleta Ingles	6965	Kbits/sec
<b>PROMEDIO</b>	<b>7948,00</b>	<b>Kbits/sec</b>

Fuente. Los Autores

Tabla 10. Ancho de Banda Obtenido con computador HP en Protocolo TCP

<b>COMPUTADOR HP</b>		
	<b>CLIENTE</b>	
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>BANWIDTH</b>	<b>UN</b>
Plazoleta Básicas		Kbits/sec
Laboratorio 7	1198	Kbits/sec
Plazoleta Gimnasio	14325	Kbits/sec
Plazoleta Samsung	12920	Kbits/sec
Cafetería	4423	Kbits/sec
Plazoleta Ingles	6588	Kbits/sec
<b>PROMEDIO</b>	<b>7890,80</b>	<b>Kbits/sec</b>

Fuente. Los Autores



Tabla 11. Ancho de Banda Obtenido con computador MAC en Protocolo TCP

<b>COMPUTADOR MAC</b>		
	<b>CLIENTE</b>	
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>BANWIDTH</b>	<b>UN</b>
Plazoleta Básicas	10358	Kbits/sec
Iglesia	4723	Kbits/sec
Plazoleta Gimnasio	34255	Kbits/sec
Plazoleta Samsung	20052	Kbits/sec
Cafetería	904	Kbits/sec
Plazoleta Ingles	7682	Kbits/sec
Laboratorio 7	2575	Kbits/sec
<b>PROMEDIO</b>	<b>11507,00</b>	<b>Kbits/sec</b>

Fuente. Los Autores

En las Tablas 9, 10 y 11 se observa el ancho de banda obtenido por cada computador en las diferentes zonas donde se realizaron las medidas utilizando el protocolo TCP.

Al igual que las medidas UDP los resultados obtenido del protocolo TCP nos indican el ancho de banda que se utilizó para realizar esta transmisión, al observar los resultados obtenidos se evidencia nuevamente que las zonas de Plazoleta Samsung y Plazoleta Gimnasio presentan la mayor velocidad de transmisión, esto gracias al AP que los cubre el cual utiliza tecnología 802.11n. De igual manera se evidencia el poco ancho de banda que se obtuvo en la Cafetería, el cual en comparación con las medidas UDP es mucho menor, debido a los acuse de recibido que debe enviar el servidor al cliente para seguir con la transmisión, lo cual aumenta el uso del ancho de banda. Esta situación también se presenta en la zona de Laboratorio 7 el cual junto a Cafetería presenta el menor ancho de banda en las medidas realizadas.

En la Tabla 4 se establece el ancho de banda necesario para realizar transmisiones de Datos y Voz los cuales se utilizan sobre el protocolo TCP y donde se establece que este ancho de banda para una calidad excelente debe ser de 30 kbits para voz y 100 kbits para datos. Al comparar este ancho de banda con los resultados obtenidos se puede ver que es posible lograr este tipo de servicio en todos los sitios medidos sin ningún problema, con excepción de la Cafetería donde al tener un ancho de banda tan pequeño en comparación a otras zonas esta puede presentar demoras en la recepción de la información.

## 2.5 MEDIDAS TFTP

Uno de los parámetros que se debe tener en cuenta para establecer el rendimiento de una red inalámbrica es el retardo que se presenta en la transmisión de paquetes desde un cliente a un servidor, por esto se decidió

realizar estas medidas utilizando un servidor TFTP el cual va recibir la transmisión de un archivo desde un cliente que está conectado a la red inalámbrica de la SCUCC.

El protocolo TFTP (transferencia de archivos trivial), es un protocolo de transferencia usado para transmitir archivos, el cual se considera un protocolo muy simple para realizar el envío de archivos y este permite tener lectura y escritura de un respectivo archivo de un servidor o hacia un servidor.

Es un protocolo que cuenta con una seguridad muy baja, debido a que no hay autenticación y la transferencia se realiza usando datagramas de UDP, en lugar de conexiones TCP, lo que disminuye bastante el uso de aplicaciones o software de comunicaciones necesario. El protocolo TFTP, tiene características que lo identifican:

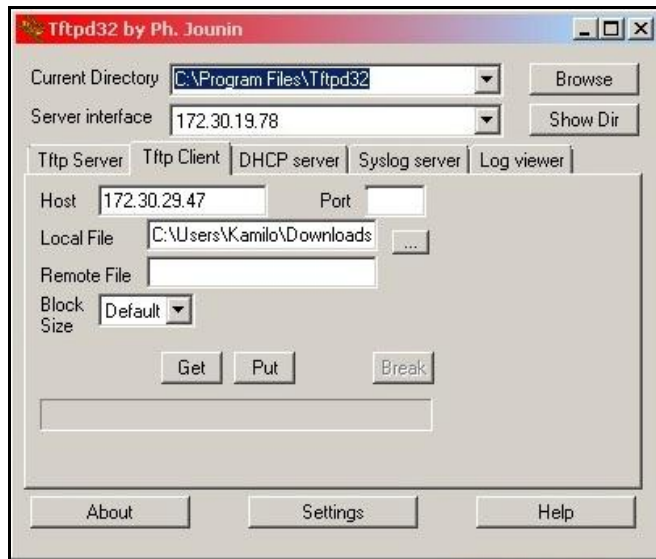
- Transmisión de bloques de datos de 512 bytes (excepto el último).
- Adicionar una pequeña cabecera de 4 bytes a cada bloque de datos.
- Ordenar los bloques, numerándolos empezando por 1.
- Aceptar que haya una transferencia de archivos ASCII o de manera binaria.
- Poder realizar procesos de lectura o escritura a un archivo remoto.
- No existe la capacidad de autenticación para poder realizar la transferencia de archivos.

En el protocolo TFTP al realizar una transferencia de archivos, el cliente obtiene un puerto, por el cual enviara un mensaje de petición de lectura o escritura, este protocolo utiliza UDP (puerto 69) en el servidor. El servidor que recibe esta petición y detecta los puertos que se están usando redirige los archivos a estos para poder establecer la transferencia. Esta transferencia se realiza haciendo intercambio de bloques de manera ordenada, numerándolos en forma secuencial para que no se pierda la secuencia de los archivos y al terminar la transmisión puedan ser abiertos.

Teniendo en cuenta que la información esta enumerada , comenzando en 1 y teniendo los respectivos bits de reconocimiento que confirma que los bloques se están transmitiendo, el cliente (emisor), debe esperar que llegue un bit de confirmación, este bit con el fin de indicar que el bloque que se haya transmitido y llegado bien, al recibir este bit de confirmación envía nuevamente otro bloque de información y si ese bit de confirmación no se recibe dentro de un tiempo establecido, el enviara nuevamente el primer bloque pensando que ese bloque tuvo problemas o no llego de la mejor manera al servidor (receptor).

Estas medidas se realizaron utilizando el software TFTP32, ver Figura 17, el cual es un programa que permite realizar una transferencia de archivos entre cliente y servidor, del cual se obtiene el tiempo utilizado para esta transmisión.

Figura 17. Interfaz del Cliente de TFTP32

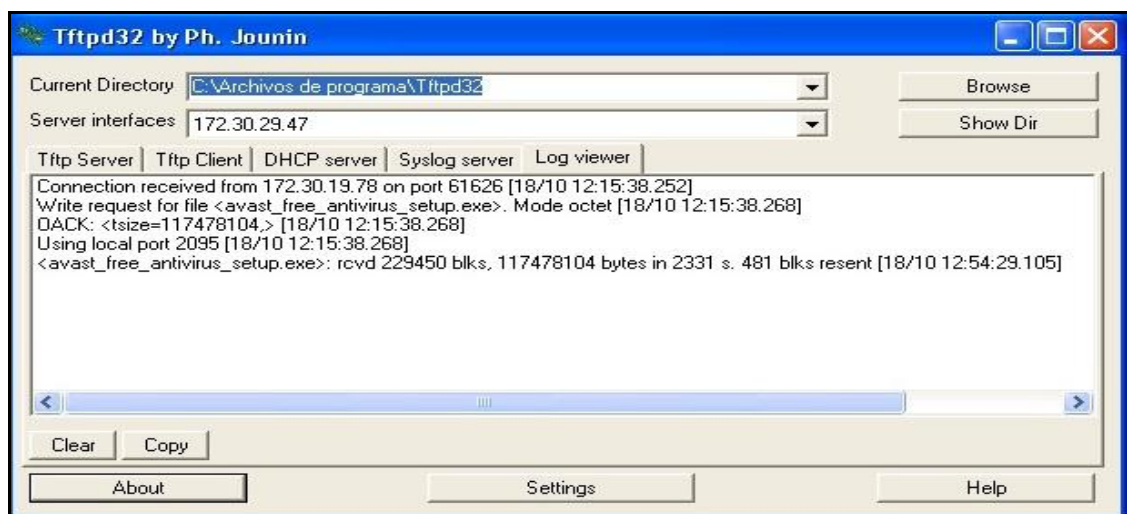


Fuente. Los Autores

En la Figura 17 se observa la interfaz del Cliente de TFTP32 donde el espacio Host indica la dirección IP del servidor y el espacio Local File indica la ruta del archivo que se va a transmitir. Para iniciar la transmisión se presiona la pestaña Put la cual inicia la transmisión de la información del archivo que se trasfiere.

Al igual que las medidas anteriores el servidor que se utilizó fue un computador conectado a la red cableada de la SCUCC, para así determinar el comportamiento que se presenta dentro de la red de la SCUCC al transmitir un archivo dentro de esta. En la Figura 18 se observa la información obtenida en el servidor al finalizar la transmisión de información.

Figura 18. Información arroja por TFTP32 al finalizar la transmisión.



Fuente. Los Autores

En la Figura 18 se observa la información arrojada por el servidor al finalizar la transmisión dentro de la cual se establece el origen de la transmisión, el nombre del archivo que se trasfiere, el tamaño del archivo recibido y el tiempo que se demoró.

Para determinar el retardo que se presenta en la transmisión es necesario conocer la velocidad de transmisión que se tiene al momento del envío, por esto adicional a la medida del software TFTP32 se utilizó el software Xirrus Wi-Fi Inspector para determinar el porcentaje de potencia que se recibe al momento de la transmisión. Al igual que las medidas anteriores esta transmisión se realizó con los tres computadores y en las zonas con mayor afluencia de estudiante que se establecieron anteriormente. En las Tablas 12, 13 y 14 se observa retardo obtenido en las diferentes zonas donde se realizó la medida por parte de cada computador.

Tabla 12. Retardo computador Toshiba.

<b>COMPUTADOR TOSHIBA</b>					
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>TAMAÑO ARCHIVO</b>	<b>UN</b>	<b>TIEMPO DE TRANSFERENCIA</b>	<b>UN</b>	<b>POTENCIA</b>
Iglesia	152545746	bytes	1324	sec	80%
Plazoleta Gimnasio	152545746	bytes	988	sec	90%
Plazoleta Samsung	152545746	bytes	1330	sec	79%
Cafetería	152545746	bytes	3650	sec	30%
<b>PROMEDIO</b>	<b>152545746</b>	<b>bits</b>	<b>1823</b>	<b>sec</b>	<b>70%</b>

Fuente. Los Autores

Tabla 13. Retardo computador HP.

<b>COMPUTADOR HP</b>					
<b>LUGAR DE TOMA</b>	<b>TAMAÑO ARCHIVO</b>	<b>UN</b>	<b>TIEMPO DE TRANSFERENCIA</b>	<b>UN</b>	<b>POTENCIA</b>
Plazoleta Gimnasio	117478104	bytes	1257	sec	58%
Plazoleta Samsung	117478104	bytes	762	sec	74%
Cafetería	117478104	bytes	2331	sec	
Plazoleta Ingles	117478104	bytes	1175	sec	78%
Laboratorio 7	117478104	bytes	3360	sec	92%
<b>PROMEDIO</b>	<b>117478104</b>	<b>bytes</b>	<b>1777</b>	<b>sec</b>	<b>75%</b>

Fuente. Los Autores

Tabla 14. Retardo computador MAC.

COMPUTADOR MAC					
LUGAR DE TOMA	TAMAÑO ARCHIVO	UN	TIEMPO DE TRANSFERENCIA	UN	POTENCIA
Plazoleta Gimnasio	119945462	bytes	1092	sec	68%
Cafetería	119945462	bytes	1675	sec	
Iglesia	119945462	bytes	863	sec	84%
Plazoleta Ingles	119945462	bytes	859	sec	78%
Plazoleta Samsung	119945462	bytes	1008	sec	68%
PROMEDIO	119945462	bytes	1099	sec	80%

Fuente. Los Autores

En las Tablas 12, 13 y 14 se observa el tamaño de paquete utilizado por cada computador, el tiempo que se demoró transmitiendo y la potencia recibida que presento cada computador en las diferentes zonas donde se realizaron las medidas. De las tres tablas se evidencia que la zona con tiempos más largos, se encuentra en la Cafetería, teniendo en cuenta que es una zona que no tiene una muy buena cobertura lo que se refleja en la potencia recibida por cada computador.

En los sitios con una potencia mayor al 70%, se presentan tiempos de transferencia óptimos, por lo cual no se tendrán retardos muy altos en la transferencia, en los sitios donde las potencias están en un rango de 50% - 70%, se presentan retardos considerables, que se pueden evidenciar en la transferencia de la zona Plazoleta Gimnasio, ya que no va a ser la más óptima y los retardos serán, más evidentes para el usuario, si se tienen potencias menores de 50%, se presentarían problemas de transferencias los tiempos de retardo serán muy evidentes, hasta tal punto que probablemente en el proceso de la transferencia van a existir pausas que dificultan que se realice exitosamente el proceso de transferencia de archivos que se estén realizando.

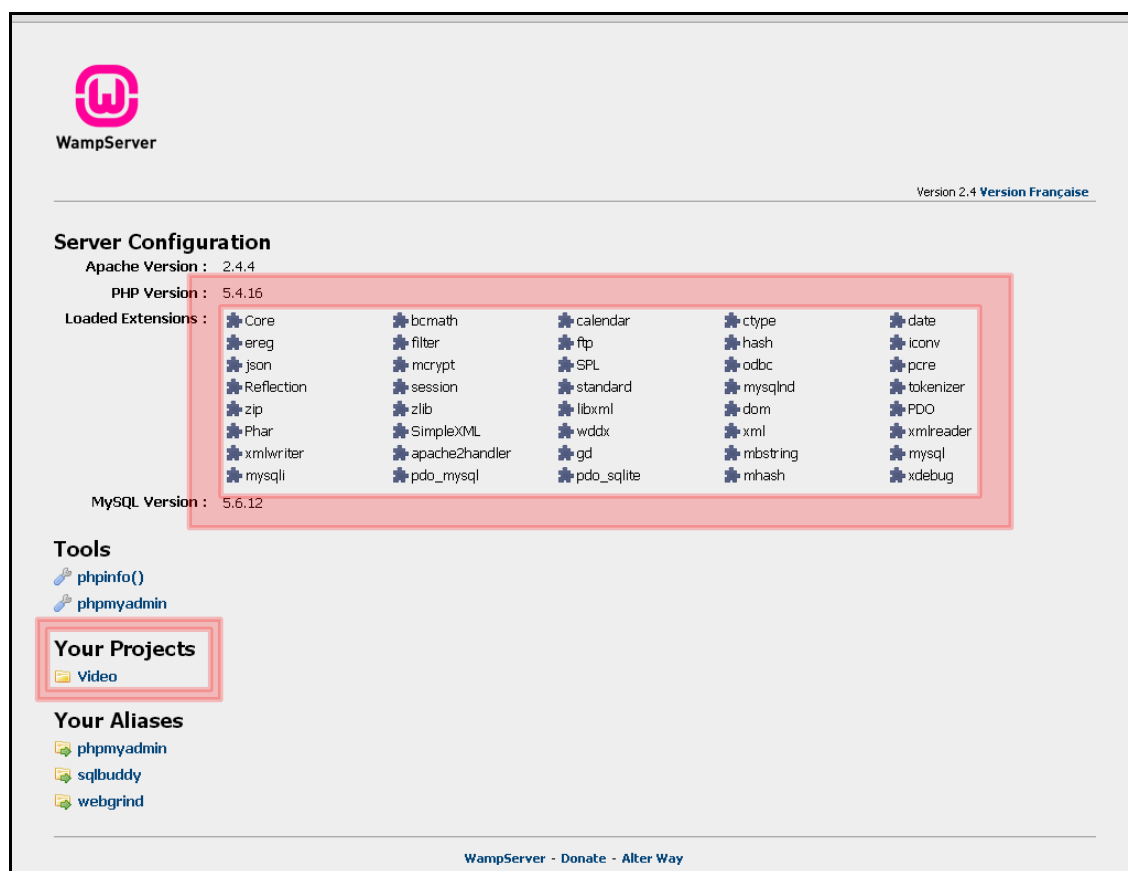
Es importante tener en cuenta que las potencias y tiempos de transferencia, van relacionados al AP, al cual se está conectando el computador, el lugar donde se esté ubicando, que este dentro de una cobertura de radio de 30 mts, y otro parámetro importante, es la cantidad de usuarios que estén conectados al AP, lo que significaría que los tiempos de transferencia tendrán un aumento.

## 2.6 MEDIDAS DE VIDEO

Adicional a las medidas del protocolo UDP, se realizó una medida con un archivo de video, en la cual se quería observar como es el comportamiento de un video en tiempo real dentro de la red inalámbrica de la SCUCC, para de esta manera determinar si el ancho de banda obtenidos en las medidas realizadas anteriormente de UDP soportan realmente la transmisión de un video sin mayores inconvenientes.

Para realizar esta medida fue necesario crear un servidor en uno de los computadores de la SCUCC que estuviera conectado a la red cableada para de esta manera poder acceder a la página que crea el servidor desde un computador conectado a la red inalámbrica, desde diferentes puntos de la sede y así poder correr el video desde ese sitio. El servidor que se utilizó se llama WampServer el cual permite crear aplicaciones web, bases de datos además de manejarlas y crear y gestionar páginas web<sup>20</sup>, para nuestro caso utilizamos la página web que el servidor crea por defecto donde en una carpeta se introdujo el video para así montarlo en el servidor, ver Figura 19.

Figura 19. Página de inicio de WampServer con carpeta para guardar el video



Fuente. Los Autores

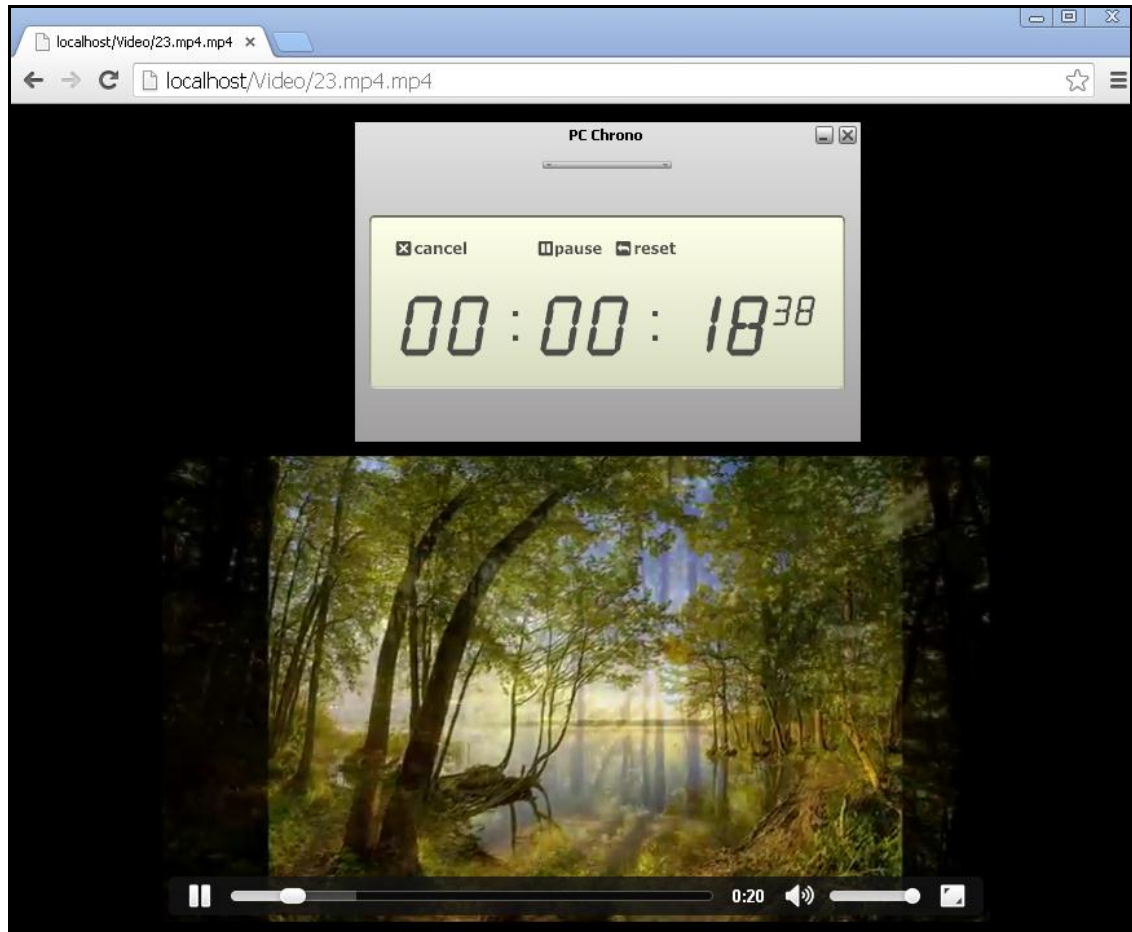
En la Figura 19 se observa la página de inicio del servidor donde este expone los diferentes modos en el que puede funcionar, dentro del numeral llamado mis objetos, la pestaña llamada video contiene el archivo que se utilizara para realizar las medidas con los diferentes computadores.

Para poder comparar el tiempo que toma el video en reproducirse, se puso a correr en paralelo a este un aplicación de cronometro para poder medir si el tiempo tomado por el video corresponde a al valor que debería demorarse

<sup>20</sup> Bourdon , Romain. WampServer [En línea], [Citado 08 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: < http://www.wampserver.com/en/>

realmente, para así poder comparar si la transmisión se está realizando sin inconvenientes o debido al lugar donde se toma la medida se puedan estar presentando retardos en la transmisión, ver Figura 20.

Figura 20. Reproducción del video y cronometro en paralelo



Fuente. Los Autores

En Figura 20 se observa la reproducción del video y la aplicación de cronometro corriendo en paralelo, con lo que se podrá compara el tiempo tomado por el video para reproducirse dentro de la red inalámbrica de la SCUCC y el tiempo real que debería tomar el video para reproducirse.

En las Tablas 15 y 16 se observa los resultados obtenidos con los computadores en las diferentes zonas donde se realizaron las medidas con un video de duración 180 segundos.

Tabla 15. Comparación del tiempo tomado por el video teórico y práctico con el computador HP.

COMPUTADOR HP				
LUGAR	DURACION REAL (seg)	DURACION PRACTICA (seg)	DIFERENCIA (seg)	RETRASO (%)
Plazoleta Gimnasio	188	188,45	0,45	0,24%
Plazoleta Ingles	188	192,99	4,99	2,65%
Laboratorio 7	188	191,47	3,47	1,85%
Plazoleta Samsung	188	188,82	0,82	0,44%
<b>PROMEDIO</b>	<b>188</b>	<b>190,4325</b>	<b>2,4325</b>	<b>1,29%</b>

Fuente. Los Autores

En la Tabla 15 se observa los resultados obtenidos con el computador HP, en la cual se evidencia que en las zonas donde se realizaron las medidas, todas presentaron retraso en la transmisión de video, esto debido a las condiciones climáticas que se tenían en ese momento y a la tecnología de la tarjeta de red que utiliza el computador que para este como ya se mencionó anteriormente es 802.11g, otro factor que genera retraso es la distancia a la que se está de AP, lo que disminuye la potencia recibida generando que la velocidad y el ancho de banda disponible para la transmisión sean limitadas. Esto se traduce como se ve en los resultados en un pequeño retraso en algunas zonas y uno mayor en otras, como es el caso de Plazoleta Gimnasio y Plazoleta Samsung que presentan el retraso más pequeño que se puede considerar cero y las zonas de Plazoleta Ingles y Laboratorio 7 que presentan retazo considerables de más de dos segundos.

Tabla 16. Comparación del tiempo tomado por el video teórico y práctico con el computador MAC.

COMPUTADOR MAC				
LUGAR	DURACION REAL (seg)	DURACION PRACTICA (seg)	DIFERENCIA (seg)	RETRASO (%)
Plazoleta Gimnasio	188	188,16	0,16	0,09%
Plazoleta Ingles	188	188	0	0,00%
Laboratorio 7	188	189,08	1,08	0,57%
Plazoleta Básicas	188	188	0	0,00%
Cafetería	188	224,84	36,84	19,60%
Iglesia	188	188,39	0,39	0,21%
Plazoleta Samsung	188	188	0	0,00%
<b>PROMEDIO</b>	<b>188</b>	<b>193,4957143</b>	<b>5,49571429</b>	<b>2,92%</b>

Fuente. Los Autores



En la Tabla 16 se observa los resultados obtenidos de esta medida con el computador MAC el cual utiliza tecnología 802.11n que le permite obtener mayores velocidades y anchos de banda como se ha podido comprobar dentro de la red inalámbrica de la SCUCC. En los resultados mostrados en la tabla se puede observar que todas las zonas excepto cafeterita presentan retrasos mínimos en comparación a esta, estos se pueden considerar variaciones muy pequeñas ya que son retrasos producidos por el pequeño tiempo que tomó colocar el video y el cronometro a correr al mismo tiempo. La zona de cafetera presenta un retraso bastante grande de alrededor de medio minuto lo que se traduce en casi un 20% del tiempo del video real debido a la poca cobertura que tiene la Cafetería, la cual no tiene como se ha visto a lo largo de las medidas tomadas el mejor ancho de banda, sumado a demás de las interferencia que puede causar el clima ya que el AP está en una zona de outdoor.

Al comparar los resultados de los dos computadores y en especial el promedio que se obtuvo con cada uno se observa que la red en general presenta un pequeño retraso que esta entre dos a cinco segundos lo cual demuestra que a pesar que la red inalámbrica pueda dar el ancho de banda necesario para soportar la trasmisión de video esta es susceptible a la cobertura que tenga además de las condiciones climáticas que se presenten cuando se haga una trasmisión, ya sea de video, voz o datos.

## **2.7 TEST DE VELOCIDAD**

El test de velocidad realizado dentro de la universidad católica de Colombia sede el claustro, permite hacer un análisis de la velocidad de subida y de bajada, en los puntos donde se realizó la toma de los datos y de esa manera ver el comportamiento que tiene la red inalámbrica de la universidad para su salida a internet.

La velocidad de bajada, determina la velocidad de transferencia de internet a la red del usuario transfiriendo datos, que son los sitios web que utiliza, La velocidad de subida es la que transfiere del usuario a internet, los servicios soportados como velocidad de subida, están en video llamadas, subir archivos a la web, cámaras de circuitos cerrados de televisión, entre otros.

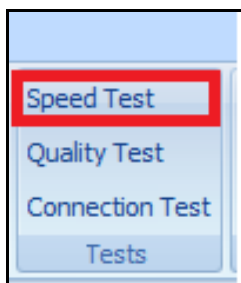
Para tener un buen uso de los servicios, se debe tener unas velocidades de subida y bajada óptimas. Para poder tener acceso a los servicios que ofrece internet, el usuario debe estar dentro de una cobertura con la distancia establecida, (30mts) de radio para el caso de estudio, de esa manera se tendrán valores que permiten tener una conexión estable y calidad en los servicios, La cobertura juega un papel importante, ya que la distancia a la que este el usuario del AP, definirá la potencia que recibe, y de esa manera las velocidades que se obtengan.

Otros parámetros que se deben tener en cuenta en las medidas obtenidas de velocidad, es la concurrencia de los usuarios, al tener un canal que se

conecten. En nuestro caso estudio por conversaciones tenidas con el Ing. Luis Felipe Herrera nos socializo que la universidad católica de Colombia sede claustro, tiene un ancho de banda de 40 Mbps, de salida a internet, es un ancho de banda bueno, para soportar servicios de video, datos, voz, video llamadas, servicios de mensajería instantánea, entre otros.

Para realizar las medidas se usó una aplicación que se encuentra dentro del programa Xirrus Wi-Fi Inspector, que se ve en un icono, que es indicado con nombre Speed Test, Figura x, y en la figura Y, se muestra la interfaz de la aplicación, donde se muestra el punto donde está el servidor, el cual se está apuntando para hacer la prueba, las velocidades que se tienen de subida y bajada y el ping, que me indica el tiempo que tarda en ir hasta el servidor y volver al computador que está corriendo el test.

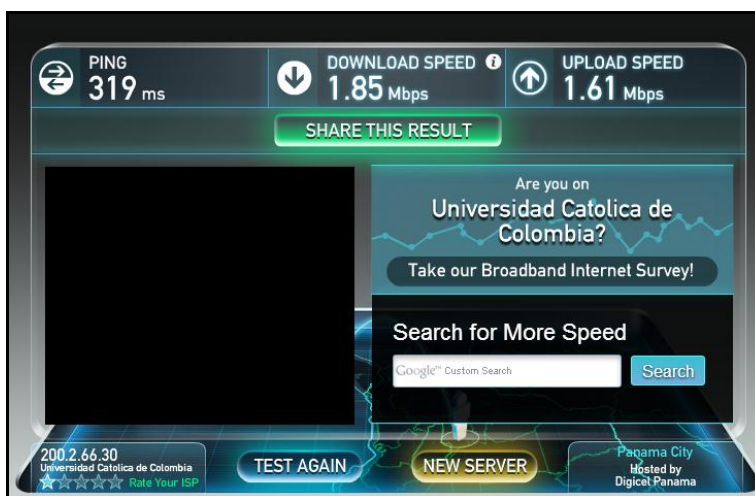
Figura 21. Opción mostrada dentro de Xirrus Wi-Fi inspector (Speed Test)



Fuente. Los Autores

La opción que muestra la Figura 21 es Speed Test, esta permite hacer una medida de velocidad de subida y bajada, haciendo la selección de un servidor, que se puede encontrar dentro del País o por fuera. La Figura 22 muestra el medidor de velocidad que se utilizó para realizar las medidas.

Figura 22. Interface del medidor de velocidad Speed Test



Fuente. Los Autores

Figura 22. En la parte superior de la figura, se ve el resultado del ping, la velocidad de subida y bajada, en la parte inferior, muestra la dirección pública que tiene la (Universidad Católica) y el servidor ha donde se está haciendo la prueba, en este caso se hacer la prueba con un servidor ubicado en panamá. Para esta prueba se usaron 3 computadores (Toshiba, MAC y Hp), con el objetivo de ver la variación que presentan tres dispositivos de distintos fabricantes y de esa manera tener un promedio de velocidad que pueden ofrecer independientemente del fabricante del dispositivo. En las tablas 17, 18 y 19 se muestran los datos adquiridos con los 3 computadores

Tabla 17. Velocidades obtenidas con el computador Toshiba

COMPUTADOR TOSHIBA			
LUGAR	PING (ms)	DESCARGA (Mbps)	CARGA (Mbps)
Laboratorio 7	290	0,9	1,09
Cafetería	425	0,52	0,96
Plazoleta Ingles	370	0,97	1,36
Plazoleta Gimnasio	185	4,74	1,97
Plazoleta Samsung	319	1,85	1,61
<b>PROMEDIO</b>	<b>317,8</b>	<b>1,796</b>	<b>1,398</b>

Fuente. Los Autores

En la Tabla 17 se tienen medidas en 5 de los lugares con mayor afluencia de estudiantes dentro de la SCUCC, para el cual se apuntó a un servidor en panamá. El lugar que presento las menores velocidades se encuentra en la Cafetería, el cual es un punto donde hay un alta afluencia de estudiantes y dado que su cobertura no es la más óptima, presento una velocidad de subida de 0,96Mbps y bajada de 0,52Mbps, lo que demuestra que este sector no está diseñado para ofrecer servicios de calidad. Al comparar la Cafetería con la plazoleta del gimnasio donde se tiene una velocidad de subida de 1,97Mbps y bajada de 4,74Mbps, y la plazoleta Samsung que tiene una velocidad de subida de 1,61Mbps y de bajada 1,85, se evidencia que a pesar de que son zonas con alta afluencia de estudiantes si se tiene una cobertura optima estas pueden soportar la demanda que se presente.

Tabla 18. Velocidades obtenidas con el computador HP

COMPUTADOR HP			
LUGAR	PING (ms)	DESCARGA (Mbps)	CARGA (Mbps)
Plazoleta Ingles	27	3,47	12,54
Laboratorio 7	40	4,2	5,55
Plazoleta Samsung	51	3,51	14
Plazoleta Gimnasio	34	3,37	14,38
<b>PROMEDIO</b>	<b>38</b>	<b>3,6375</b>	<b>11,6175</b>

Fuente. Los Autores

En la tabla 18, se realiza el mismo procedimiento para la toma de medidas de velocidad, con el computador HP, en este test se realizan medidas apuntando a un servidor que se encuentra en la ciudad de Medellín. Al ser un servidor que está más cercano en comparación con el anterior, significa que el coste de ruta va a ser menor y por ende, esa distancia será directamente proporcional a las velocidades de subida y bajada y de esta manera se tendrán mejores resultados que en la tabla anterior. A pesar de utilizar un servidor diferente se evidencia en las tablas una constante al ver que la zona con menor velocidad se encuentran en la Cafetería, debido a su cobertura. También, coinciden en que la zona donde se obtienen los valores con mejores resultados, son la plazoleta Samsung y plazoleta Gimnasio.

Tabla 19. Velocidades obtenidas con el computador MAC

COMPUTADOR MAC			
LUGAR	PING (ms)	DESCARGA (Mbps)	CARGA (Mbps)
Plazoleta Gimnasio	25	3,74	9,46
Plazoleta Samsung	22	11,07	7,24
Plazoleta Básicas	25	4,12	3,25
Laboratorio 7	23	3,12	2,14
Cafetería	27	2,98	2,31
Plazoleta Ingles	34	4,03	3,21
Iglesia	27	4,18	2,97
<b>PROMEDIO</b>	<b>26,1428571</b>	<b>4,748571429</b>	<b>4,368571429</b>

Fuente. Los Autores

En la Tabla 19, se tienen los valores obtenidos desde un computador MAC, para el cual se hacen medidas de velocidad desde varios puntos de la SCUCC, en estas medidas se muestran unos resultados similares a las anteriores tablas, se muestran unos valores no muy óptimos, en este caso se tiene de igual forma la Cafetería, y valores que sean óptimos para un servicio podemos ubicar el más alto en la plazoleta Samsung que dan velocidades de subida y bajada superiores a las demás el resto de medidas están dentro de los rangos establecidos como mínimo Cafetería y máximo plazoleta Samsung.

Con la información capturada, se analiza que hay zonas donde la cobertura no es la más óptima para el número de usuarios, teniendo en cuenta que es un canal compartido y el ancho de banda que se maneja se puede fragmentar aún más dependiendo la cantidad de usuarios que estén conectados en el momento. De igual forma hay zonas como la plazoleta gimnasio y la plazoleta Samsung que tienen una cobertura que permite lograr velocidades de subida y bajada significativas, pero estas son variables porque si dentro de los dispositivos que estén funcionando, se conecta uno con una tecnología inferior, crearan un cuello de botella y por ende se bajara la velocidad de transmisión y la calidad de la salida a internet.

De la manera que se realiza la salida de la red local a internet, sigue una serie de pasos que dependiendo de su configuración y los procesos que esta realice, genera latencias que crean congestión en la red y lentitud de la misma. Haciendo una análisis de la forma en que los usuarios tienen que conectarse a la red de la universidad y poder tener acceso a internet, se pudo notar que existe un servidor de autenticación, que valida un usuario con su respectivo password que valida antes una base de datos, ese usuario que está validando, tiene ciertos privilegios dentro de un grupo establecido para los estudiantes, esos privilegios vienen determinados para que solo puedan tener acceso a internet, después de tener un proceso de validación y pase por el mismo, viene un proceso de acceso a una página web, esa página web tiene que ir a un servidor de filtrado de contenido, el cumple con la función de verificar que el contenido que esté pasando, este dentro de las políticas de seguridad para poder tener acceso de lo contrario mostrara que no puede ser accesado, de igual forma debe existir un firewall, que me determina que niega y que pasa, estos procesos vienen de manera en serie, lo que nos quiere decir es que para poder tener salida a internet debe pasar por todos esos servidores, y ellos van sumando una latencia, por que toman la trama que se está transmitiendo y la van analizando para que cumpla con los requisitos establecidos como filtros, esto toma unos tiempos que se consideran una latencia en la red. Adicionalmente hay que tener en cuenta el número de usuarios que se están conectando a la red, que pueden generar congestiones y demoras para usar los servicios de la misma ya que todas las tramas deben ser analizadas.

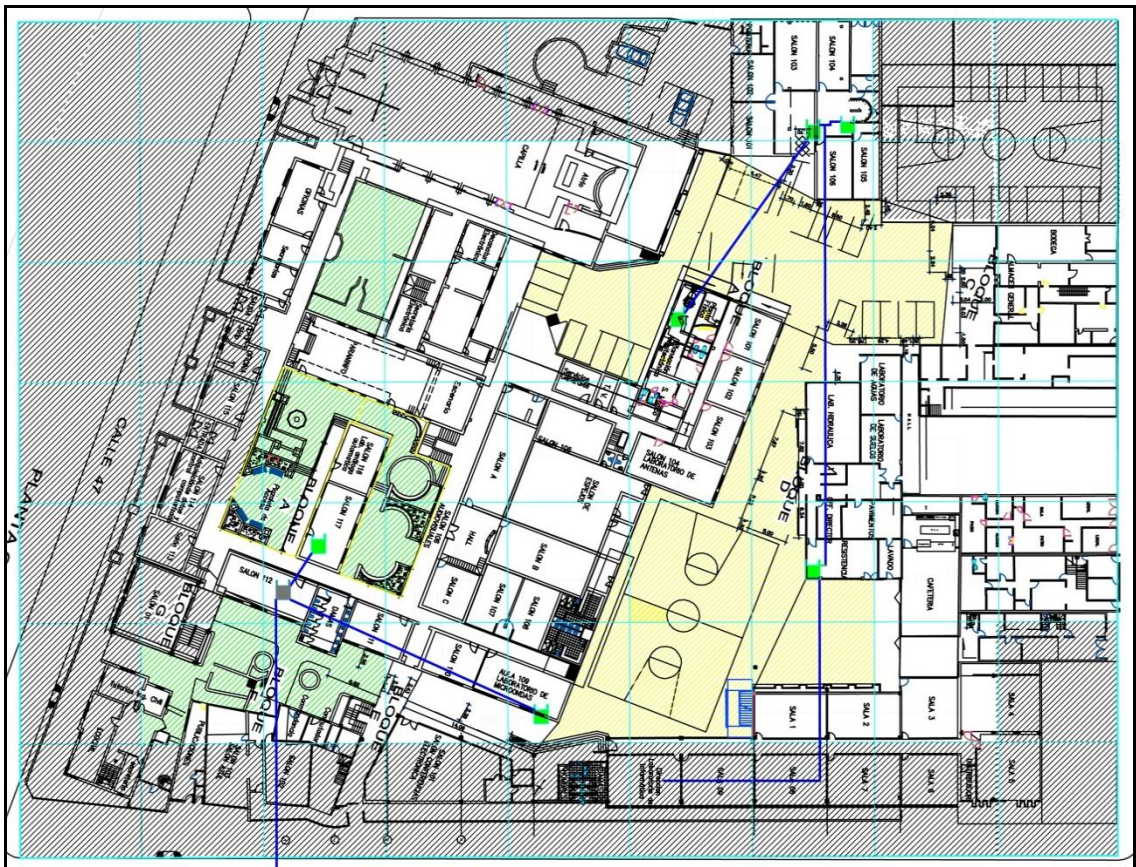
### 3 PROPUESTA DE COBERTURA

Al analizar las medidas realizadas a lo largo del proyecto se puede evidenciar que uno de los mayores problemas que se presentaban en las zonas donde se realizaron las pruebas fue la poca cobertura que presentan así como la mala distribución de los AP que existe en la SCUCC, un ejemplo de esta situación es la zona denominada Cafetería la cual presentó en todas las medidas realizadas los menores rendimientos, esto debido a la cobertura que tiene. Una zona en la que se puede evidenciar una mala distribución de los AP presentes, es la zona denominada Plazoleta Ingles la cual está recibiendo cobertura de dos AP que están muy cerca (alrededor de un metro de separación), aunque estos estén funcionando en canales diferentes, con lo cual se asegura que no haya solapamiento entre las frecuencias de estos. Por estas razones la propuesta que se presenta a continuación va dirigida principalmente a proponer unas nuevas ubicaciones de los AP para dar una cobertura total en la SCUCC.

Con la información obtenida en el Capítulo 2 se estableció que la tecnología que utilizan 6 de los 7 AP es 802.11g, además de asumir que la propagación se daba en una condición de interior por lo que el radio máximo sería de 100 metros. Dentro de este radio de cobertura la velocidad que se obtiene no es constante ya que esta varía según la distancia al AP, por lo que al observar los datasheets de los AP se pudo establecer que para obtener la máxima velocidad de esta tecnología que es 54 Mbps no se debería estar a más de 32 metros del AP.

Con esta información obtenida del Datasheet se decidió realizar sobre el plano de la SCUCC una grilla de 30 metros de diámetro en donde se podría acceder a la red sin mayores inconvenientes y con la mayor velocidad de transferencia, ver Figura 23.

Figura 23. Ubicación de la grilla sobre el plano de la SCUCC



Fuente. Los Autores

En la Figura 23, se observa la grilla que se colocó cada 15 metros sobre el plano de la SCUCC, además de sombrear con color negro las zonas que no van a ser tomadas en cuenta para realizar la propuesta de cobertura, estas zonas se sombrearon de negro ya que son espacios que limitan con el exterior de la SCUCC lo cual no es conveniente cubrir porque se estaría perdiendo el recurso además de que son lugares que tiene pequeña presencia de dispositivos electrónicos para conectarse a la red, como es el caso de la cancha de baloncesto o el costado derecho de la Iglesia que limita con la calle. Adicional a las zonas de colocar negro se decidió identificar sobre este plano las zonas de outdoor, así como las plazuelas presentes en la sede, para conocer los espacios donde no sería posible colocar un AP, debido a que son espacios abiertos.

Para tener una visión más clara sobre las zonas que se van a trabajar se recortó la Figura 24, dejando solo los espacios a los que se va a dirigir la propuesta de cobertura, ver Figura 23, la cual muestra el plano recortado y las diferentes zonas donde se va a trabajar la propuesta de cobertura.





Tabla 20. Relación de las zonas y los AP que las cubren.

Zonas	AP	Zonas	AP	Zonas	AP
1	x1 y x2	13	x7, x8 y x13	25	x16 y x17
2	x2 y x3	14	X8, X9 y X14	26	x17, x18 y x23
3	x3 y x4	15	X9 y X14	27	x18, x19, x23 y x24
4	x4, x5 y x7	16	x10 y x15	28	x19, x20 y x24
5	x5, x7 y x8	17	x10, x11, x15 y x16	29	x20, x21 y x25
6	x6, x8 y x9	18	x11, x16 y x17	30	x26 y x27
7	x6 y x9	19	x12, x17 y x18	31	x23 y x27
8	x1 y x10	20	x12, x13, x18 y x19	32	x23 y x24
9	x1, x10 y x11	21	x13, x19 y x20	33	x24 y x28
10	x11	22	x14, x20 y x21	34	x25 y x28
11	x12	23	x15 y x22	35	x26 y x27
12	x7, x12 y x13	24	x15, x16 y x22		

Fuente. Los Autores

En la Tabla 20, se observa la relación entre las diferentes zonas y los AP posibles, donde se destaca como una zona puede ser cubierta por varios AP, como es el caso de las zonas 15, 20, y 27 que son cubiertas por cuatro AP al mismo tiempo, y otras zonas que solo son cubiertas por un AP como las zonas 10 y 11. Esta relación entre las zonas y los AP nos lleva a concluir que es necesario poder minimizar la cantidad de AP maximizando las zonas cubiertas para lo cual se utilizó el software Lingo 13.0.

Lingo 13.0 es un software de modelado y optimización Lineal, no lineal y de enteros, que se basa en la resolución de este tipo de problemas, Lingo ha sido utilizados por miles de empresas en todo el mundo para maximizar los beneficios y minimizar los costos de las decisiones relativas a la planificación de la producción, el transporte, las finanzas, la distribución de la cartera, el presupuesto de capital, la programación, el inventario, la asignación de recursos entre otros<sup>21</sup>.

Lingo basa una parte de su programación para resolución de problemas en el problema Dual el cual dice que asociado a cada problema (primario) existe un problema correspondiente denominado problema dual, que están asociados a unas restricciones para poder desarrollar el problema dual. Para nuestro caso existe un problema con estas condiciones donde nuestro problema primario es la maximización de las zonas que no tendrá restricciones y no requiere calculo y el problema dual es la minimización de los AP que tendrán una restricción de 1 para cada zona, la cual será la minimización que se ingresaran a Lingo con la restricción de las zonas de cobertura según la tabla anterior, ver Figura 25.

<sup>21</sup> Lindo Systems INC. Lindo Systems [En línea], [Citado 08 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.lindo.com>>

Figura 25. Programación en Lingo 13.0

The screenshot shows the Lingo 13.0 interface with a window titled "Lindo Model - propuesta(total)". The main text area contains the following code:

```

MIN x1 + x2 + x3 + x4 + x5 + x6 + x7 + x8 + x9 + x10 + x11 + x12 + x13 + x14 + x15 +
    x16 + x17 + x18 + x19 + x20 + x21 + x22 + x23 + x24 + x25 + x26 + x27 + x28

SUBJECT TO

Zona1) x1 + x2 >= 1
Zona2) x2 + x3 >= 1
Zona3) x3 + x4 >= 1
Zona4) x4 + x5 +x7 >= 1
Zona5) x5 + x7 + x8 >= 1
Zona6) x6 + x8 + x9 >= 1
zona7) x6 + x9 >= 1
Zona8) x1 + x10 >= 1
Zona9) x1 + x10 + x11 >= 1
Zona10) x11 >= 1
Zona11) x12 >= 1
Zona12) x7 + x12 + x13 >= 1
Zona13) x7 + x8 + x13 >= 1
Zona14) X8 + X9 + X14 >= 1
Zona15) X9 + X14 >= 1
Zona16) x10 + x15 >= 1
Zona17) x10 + x11 + x15 + x16 >= 1
Zona18) x11 + x16 + x17 >= 1
Zona19) x12 + x17 + x18 >= 1
Zona20) x12 + x13 + x18 + x19 >= 1
Zona21) x13 + x19 + x20 >= 1
Zona22) x14 + x20 + x21 >= 1
Zona23) x15 + x22 >= 1
Zona24) x15 + x16 + x22 >= 1
Zona25) x16 + x17 >= 1
Zona26) x17 + x18 + x23 >= 1
Zona27) x18 + x19 + x23 + x24 >= 1
Zona28) x19 + x20 + x24 >= 1
Zona29) x20 + x21 + x25 >= 1
Zona30) x26 + x27 >= 1
ZOna31) x23 + x27 >= 1
Zona32) x23 + x24 >= 1
Zona33) x24 + x28 >= 1
Zona34) x25 + x28 >= 1
Zona35) x26 + x27 >= 1
    
```

Fuente. Los Autores

En la Figura 25, se observa la programación en Lingo para la minimización de los AP, donde la primera fila representa la función objetivo que como se dijo anteriormente es la minimización de los AP, luego se relacionan las restricciones que se deben cumplir para cada zona según la Tabla 20 las cuales se restringen a menores o iguales a 1 para obtener un AP por cada zona. En la Figura 26, se observa el resultado dado por Lingo donde se relacionan la cantidad de variables que se tuvieron, las restricciones y el resultado de los AP seleccionados.

Figura 26. Resultado de la minimización de los AP dado por Lingo

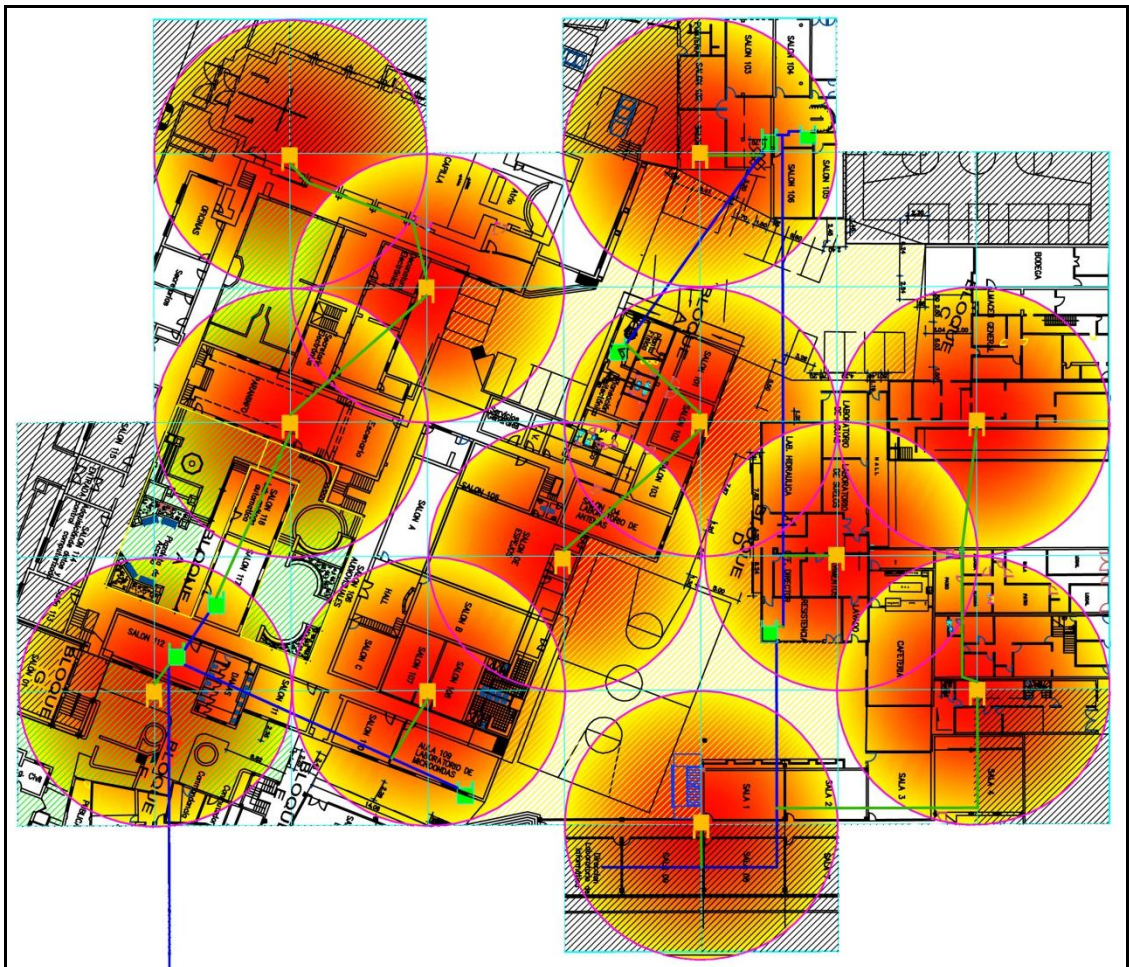
Global optimal solution found.		Variable	Value	Reduced Cost
Objective value:	12.00000	X1	1.000000	1.000000
Objective bound:	12.00000	X2	0.000000	1.000000
Infeasibilities:	0.000000	X3	1.000000	1.000000
Extended solver steps:	0	X4	0.000000	1.000000
Total solver iterations:	0	X5	0.000000	1.000000
Model Class:	PILP	X6	0.000000	1.000000
		X7	1.000000	1.000000
Total variables:	28	X8	0.000000	1.000000
Nonlinear variables:	0	X9	1.000000	1.000000
Integer variables:	28	X10	0.000000	1.000000
		X11	1.000000	1.000000
Total constraints:	36	X12	1.000000	1.000000
Nonlinear constraints:	0	X13	0.000000	1.000000
		X14	0.000000	1.000000
Total nonzeros:	117	X15	1.000000	1.000000
Nonlinear nonzeros:	0	X16	0.000000	1.000000
		X17	1.000000	1.000000
		X18	0.000000	1.000000
		X19	0.000000	1.000000
		X20	1.000000	1.000000
		X21	0.000000	1.000000
		X22	0.000000	1.000000
		X23	0.000000	1.000000
		X24	1.000000	1.000000
		X25	0.000000	1.000000
		X26	0.000000	1.000000
		X27	1.000000	1.000000
		X28	1.000000	1.000000

Fuente. Los Autores

En la Figura 26, se observa el resultado del cálculo de Lingo, en la parte izquierda se observa la información correspondiente al resultado para la cual la línea Objective value da el número de AP minimizados el cual es 12 AP de los 28 que se tenían inicialmente. Luego se observa información tal como la cantidad de variables que se ingresaron y las restricciones que se tenían. Finalmente en el costado derecho de la figura se observan los AP que proporcionan la mayor cobertura según las restricciones que se ingresaron.

Estos AP representan la minimización que se estaba buscando desde un inicio con los cuales se puede garantizar la cobertura en las diferentes zonas que se plantearon, minimizando el recurso que en este caso serían los AP. En la Figura 27 se observa la cobertura que se obtiene al incluir en el plano de la SCUCC los 12 AP que se obtuvieron de la minimización.

Figura 27. Ubicación de los AP obtenidos para proporcionar una cobertura máxima en la SCUCC



Fuente. Los Autores

En la Figura 27, se observan los radios de cobertura ideal que proporcionarían los AP obtenidos anteriormente, con lo cual se estaría dando a la SCUCC una cobertura mayor que la proporcionada por la ubicación de los AP que están instalados actualmente. Sobre la figura al observar la ubicación actual de los AP que se representan de color verde y al compararla con los AP obtenidos de color amarillo se puede concluir que la ubicación actual de los AP no fue pensada para proporcionar la mayor cobertura, ya que como se ha mencionado a lo largo de este proyecto existen zonas en las que el recurso no es administrado de la mejor manera como el caso de Plazoleta Ingles donde se observa en este plano que con un solo AP se puede lograr la misma cobertura que están proporcionando los dos AP actualmente. Adicional a los AP propuestos se trazó sobre este plano de color verde un posible recorrido del backbone para conectar esos AP el cual tuvo como origen el actual recorrido del backbone que se identificó en el Capítulo 2 de este trabajo, esto para darle una continuación al recorrido de la red existentes.

Adicional a la propuesta de cobertura total que se realizó anteriormente también se quiso realzar una propuesta para otorgar una cobertura en los sitios con mayor afluencia de estudiantes los cuales a nuestro criterio son las siguientes:

- Plazoleta Samsung.
- Plazoleta Gimnasio.
- Plazoleta Básica.
- Bienestar Universitario.
- Cafetería.
- Inglés.
- Parqueadero Frente a la Iglesia.

Con las zonas identificadas se revisó sobre la Figura 23 las zonas que están dentro de estos sitios para así modificar el código de minimización de AP según se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Zonas dentro de los lugares con mayor afluencia de estudiantes

<b>Zonas</b>	<b>AP</b>	<b>Zonas</b>	<b>AP</b>
<b>1</b>	x1 y x2	<b>22</b>	x14, x20 y x21
<b>2</b>	x2 y x3	<b>23</b>	x15 y x22
<b>6</b>	x6, x8 y x9	<b>24</b>	x15, x16 y x22
<b>7</b>	x6 y x9	<b>29</b>	x20, x21 y x25
<b>9</b>	x1, x10 y x11	<b>30</b>	x26 y x27
<b>10</b>	x11	<b>31</b>	x23 y x27
<b>13</b>	x7, x8 y x13	<b>34</b>	x25 y x28
<b>14</b>	X8, X9 y X14	<b>35</b>	x26 y x27
<b>21</b>	x13, x19 y x20		

Fuente. Los Autores

Con las nuevas restricciones para la minimización de los AP se siguió el mismo procedimiento que se utilizó para la primera parte de esta propuesta con lo cual se obtuvo que son necesario colocar 8 AP para dar cobertura en las zonas seleccionadas. En la Figura 28 se observa la cobertura en las zonas con mayor influencia de estudiantes.



## 4 CONCLUSIONES

Al momento de realizar el proyecto, como primer paso se recolecto el estado actual de la infraestructura de la red inalámbrica de la SCUCC en la cual al realizar un recorrido por la misma se identificó la ubicación de los AP que la conforman así como parte del backbone que los une, luego teniendo en cuenta las diferentes medidas realizadas sobre esta, se pudo determinar su comportamiento al enviar tráfico, lo que demostró que a pesar de la distribución de los AP , la red soporta el envío de información de una manera aceptable a pesar de que en algunas zonas la transmisión fuera excelente.

Con la identificación de los Access Point y las pruebas realizadas para determinar su cobertura, se deduce que existe una mala distribución de los Access Point, teniendo en cuenta que existen zonas para las cuales los radios de cobertura presentan un superposición entre sí, como lo son los AP 1 - 2 y AP 5 - 6 los cuales cubren la misma zona generando un mala administración del recurso, además se observa que varias zonas de la universidad presentan una cobertura limitada lo que genera una caída en el rendimiento total de la red, como lo es la Cafetería que al tener un solo AP que la cubre a una distancia de más de 30 metros en su punto más lejano, esta presenta velocidades y ancho de banda menores en comparación con otros sitios donde varios AP cubren la misma zona.

En un ámbito personal y profesional, del proyecto aprendimos, que para un buen diseño de redes inalámbrica es necesario tener en cuenta varios factores como expone Velásquez<sup>22</sup> el cual dice que es importante conocer el tráfico que va a correr por la red, además de la cantidad de AP y los canales de operación, de igual forma como optimizar el recurso para ofrecer un servicios con estándares de calidad altos, porque al observar e intentar interpretar la forma en la que está distribuida la red actualmente no encontramos que esta haya sido pensada en ofrecer a los estudiantes una red que puedan a provechar a máximo si no por el contrario esta posiblemente se forma a base de la demanda que se iba presentando en ciertos lugares de la misma por lo que es posible que esta razón haya generado que existan ciertas zonas de la SCUCC que no tengan una cobertura adecuada.

Para el diseño de una red WLAN, buscando la optimización y la calidad de servicio, se debe tener en cuenta, la cantidad de usuarios, pensando en el crecimiento de los mismos, el área a abarcar, la distribución de los Access Point, porque son puntos de partida que ayudan a que la red tenga un buen desempeño y buena cobertura. Para poder tener calidad de servicios en las

---

<sup>22</sup> VELASQUEZ C. Diseño de redes inalámbricas de área local (IEEE 802.11b) con base en la demanda de tráfico. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica Universidad de los Andes. Bogotá. 2007.

conexiones a internet se deben tener en cuenta los procesos que permiten evaluar las tramas que se transmiten, de tal manera el diseño de servidores de autenticación, filtrado de contenido, procesos de NAT (network address traslation), firewall, deben tener una buena distribución con el fin de evitar congestiones en la red y de esa manera disminuir la latencia y tener optimización en la salida a internet.

En conversación con el director del Programa de Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones, Ingeniero Luis Felipe Herrera dio a conocer que la cobertura de la red inalámbrica que tiene la SCUCC es de un 30%, lo cual es muy cercano a la aproximación que se obtuvo cuando se graficó la cobertura real dada por los AP. Esto demuestra que el método utilizado para identificar la situación actual de la cobertura fue el indicado, porque al tener en cuenta aspectos como la propagación en indoor y las zonas de mayor afluencia de estudiantes, estas permitieron lograr su identificación con buena exactitud.

Otro aspecto de la red que se obtuvo por parte del Ingeniero fue el canal de salida de la Universidad que es de 40 MBytes, con el cual se garantiza una buena calidad de trasmisión para salir a internet, además de establecer que el problema de la red no está en su salida sino en la cobertura de algunas zonas de la sede y en la distribución que puedan tener los servidores que filtran el tráfico, los cuales si están mal distribuidos pueden generar latencias aumentando la mala percepción que se pueda tener de la red por parte de los estudiantes.



## BIBLIOGRAFÍA

Bourdon, Romain. WampServer [En línea], [Citado 08 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.wampserver.com/en/>>

ESPAÑA, María. Servicios Avanzados de Telecomunicación. Madrid: Díaz de Santos, S.A. 2003. 787 p.

GUALDRÓN O y DÍAZ R. Análisis de desempeño del IEEE802.11 para la conectividad de zonas rurales de Colombia. ITECKNE. Volumen 9. Número 2. 2012.

LEON E, SIGUENCIA H. "NORMAS IEEE 802.11<sup>a</sup>, 802.11b y 802.11g". Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica. Universidad Politécnica Salesiana, 2006

Lindo Systems INC. Lindo Systems [En línea], [Citado 08 Noviembre, 2013]. Disponible en Internet: <<http://www.lindo.com>>

MALAGOSA, José, MANZANARES, Pilar and MUÑOZ, Juan. Practica 1: Retardo en Conmutación de Paquetes. Cartagena. Universidad politécnica de Cartagena. 6 p.

MOLINER, Francisco. Informáticos Generalitat Valenciana. Vol. 2. España: Mad, S.L, .2005. 365 p.

MONTICO, Matías. Guía avanzado de redes Wireless, Sao Paulo: Universo dos Libros Editora, 2009. 112 p.

SALLENT, Oriol, VALENZUELA, José and AGUSTÍ, Ramos. Principios de Comunicaciones Móviles. Cataluña. Universidad Politécnica de Cataluña. 2003. 226 p.

PAEZ C. Análisis de un sistema de comunicación inalámbrico en un centro comercial por medio de la técnica de simulación por eventos discretos. Ingeniería y Universidad. Publicación semestral de la Facultad de ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana. Volumen 11, Numero 2. 2007.

Piamrat, Kandaraj. Ksentini, Adlen. Bonnin Jean-Marie. Viho, César. Radio resource management in emerging heterogeneous wireless networks. En: Computer Communications. 21 de febrero, 2010. vol. 34, p. 1066-10796.

ROJAS H. Análisis de desempeño de una red 802.11 para la transmisión de VoIP. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica Universidad de los Andes. Bogotá. 2007.

SOLOMON, Michael and KIM, David. Fundamentals of Communications and Networking. USA: Jones & Bartlett Learning, 2013. 488 p.

VARIOS AUTORES. Redes Inalámbricas en los países Desarrollados. 3 ed. Hacker Friendly. 2008. 413 p.

VELASQUEZ C. Diseño de redes inalámbricas de área local (IEEE 802.11b) con base en la demanda de tráfico. Tesina previa a la obtención del Título de Ingenieros en Electrónica Universidad de los Andes. Bogotá. 2007.

WHEELER, William. Integrating Wireless Technology in the Enterprise, USA: Elsevier, 2004. 405 p.

## ANEXO A

Tabla 22. Product Specifications for Cisco Aironet 1240AG Series Access Points

Range (Typical)	Indoor (Distance Across Open Office Environment):		Outdoor:	
	<b>802.11a:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 85 ft (26 m) at 54 Mbps</li> <li>• 150 ft (46 m) at 48 Mbps</li> <li>• 210 ft (64 m) at 36 Mbps</li> <li>• 230 ft (70 m) at 24 Mbps</li> <li>• 260 ft (79 m) at 18 Mbps</li> <li>• 280 ft (85 m) at 12 Mbps</li> <li>• 310 ft (94 m) at 9 Mbps</li> <li>• 330 ft (100 m) at 6 Mbps</li> </ul>	<b>802.11g:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 105 ft (32 m) at 54 Mbps</li> <li>• 180 ft (55 m) at 48 Mbps</li> <li>• 260 ft (79 m) at 36 Mbps</li> <li>• 285 ft (87 m) at 24 Mbps</li> <li>• 330 ft (100 m) at 18 Mbps</li> <li>• 355 ft (108 m) at 12 Mbps</li> <li>• 365 ft (111 m) at 11 Mbps</li> <li>• 380 ft (116 m) at 9 Mbps</li> <li>• 410 ft (125 m) at 6 Mbps</li> <li>• 425 ft (130 m) at 5.5 Mbps</li> <li>• 445 ft (136 m) at 2 Mbps</li> <li>• 460 ft (140 m) at 1 Mbps</li> </ul>	<b>802.11a:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 ft (30 m) at 54 Mbps</li> <li>• 300 ft (91 m) at 48 Mbps</li> <li>• 425 ft (130 m) at 36 Mbps</li> <li>• 500 ft (152 m) at 24 Mbps</li> <li>• 550 ft (168 m) at 18 Mbps</li> <li>• 600 ft (183 m) at 12 Mbps</li> <li>• 625 ft (190 m) at 9 Mbps</li> <li>• 650 ft (198 m) at 6 Mbps</li> </ul>	<b>802.11g:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 120 ft (37 m) at 54 Mbps</li> <li>• 350 ft (107 m) at 48 Mbps</li> <li>• 550 ft (168 m) at 36 Mbps</li> <li>• 650 ft (198 m) at 24 Mbps</li> <li>• 750 ft (229 m) at 18 Mbps</li> <li>• 800 ft (244 m) at 12 Mbps</li> <li>• 820 ft (250 m) at 11 Mbps</li> <li>• 875 ft (267 m) at 9 Mbps</li> <li>• 900 ft (274 m) at 6 Mbps</li> <li>• 910 ft (277 m) at 5.5 Mbps</li> <li>• 940 ft (287 m) at 2 Mbps</li> <li>• 950 ft (290 m) at 1 Mbps</li> </ul>
Measured with 2.2-dBi dipole antenna for 2.4 GHz, and 3.5-dBi omnidirectional antenna for 5 GHz.				

Fuente. Cisco Aironet 1240AG Series 802.11A/B/G Access Point Data Sheet.

## ANEXO B

Figura 29. Access Point ubicados en Plazoleta Ingles



Fuente. Los Autores