



# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**

**ESCUELA DE INGENIERIA EN SISTEMAS**

***“ESTUDIO DEL RENDIMIENTO DEL ESTANDAR 802.11N EN LA COMPARACION CON  
DISPOSITIVOS CON EL ESTANDAR 802.11B/G EN LA TRANSMISION DE DATOS”***

**TESIS DE GRADO**

Previo a la obtención del título de

**INGENIERO EN SISTEMAS INFORMATICOS**

Presentado por:

**Carlita Vanessa Loayza Loayza**

**Belén Elizabeth Espinoza Tapia**

**RIOBAMBA - ECUADOR**

**2010**

## **AGRADECIMIENTO**

Son tantas personas a las que debemos parte de este triunfo, de lograr alcanzar la culminación académica, el cual ha sido nuestro anhelo.

Agradecemos a nuestros familiares Y amigos por el apoyo incondicional que nos han brindado, y muy especialmente a los Ing. Daniel Haro y Paul Romero que con sus conocimientos nos ayudaron a la culminación exitosa de nuestra tesis.



## **DEDICATORIA**

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño. A Dios que me dio la oportunidad de vivir y que me regalo una maravillosa familia.

Con mucho cariño principalmente a mis Padres Carlos y Melva que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papi y mami por darme una carrera para mi futuro y por tener fe y creer en mí siempre, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado ahí brindándome su amor y apoyo incondicional, por eso les agradezco que siempre estén conmigo los quiero mucho.

**Carlita Vanessa Loayza Loayza**

Este trabajo está realizado gracias a la guía de Dios y dedicado con mucho cariño a mi familia de manera especial a mi Madre Jacqueline Tapia, mi hermano Andrés Martín y a mi Abuelita Martha Villalba.

**Belén Elizabeth Espinoza Tapia**

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Ing. Iván Menes

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DECANO FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Raúl Rosero

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR DE ESCUELA  
INGENIERÍA EN SISTEMAS**

Ing. Daniel Haro

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DIRECTOR DE TESIS**

Ing. Paul Romero

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Tclgo. Carlos Rodríguez

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**DIR. DPTO. DOCUMENTACIÓN**

**NOTA DE LA TESIS**

\_\_\_\_\_

## **DERECHOS DE AUTORIA**

“Nosotras Carlita Vanessa Loayza Loayza y Belén Elizabeth Espinoza Tapia somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Carlita Vanessa Loayza Loayza

Belén Elizabeth Espinoza Tapia

## INDICE DE ABREVIATURAS

### A

ACK (Confirmación)

A-MPDU (Unidad de datos de protocolo MAC agregada)

A-MSDU (Unidad de datos de servicio MAC agregada)

### B

BA (Bloque de confirmación)

BA (Bloque de confirmación)

BAR (Petición de bloque de confirmación)

### C

CSMA/CA (Acceso múltiple sin portadora con evasión de colisión)

CTS (Preparado para enviar)

### F

FTP (Protocolo de transferencia de archivos)

### G

GF (Preámbulo Greenfield )

### H

HCCA (Acceso controlado al canal HCF )

HT (Throughput de alta velocidad)

HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto)

## **I**

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers)

ISI (interferencia intersimbólica )

## **L**

LDPC (Código de verificación de paridad de baja densidad )

LLC (Capa de control de enlace lógico)

## **M**

MAC (Control de acceso al medio)

MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

MPDU (Unidad de datos de protocolo MAC)

MSDU (MSDU (Unidad de datos de servicio MAC)

## **O**

OFDM (multiplexación por división de frecuencia ortogonal )

## **P**

PDU (Unidad de datos de protocolo)

PHY (Capa física)

PSD (Densidad espectral de potencia)

PSDU (Unidad de datos de servicio PLCP)

PSMP (Power-Save Multi-Poll)

## **Q**

QoS (calidad de Servicio)

## **R**

RIFS (Utilización de un espacio inter-trama más pequeño )

RTS (Petición para enviar)

## **S**

SDM (SpatialDivisionMultiplexion)

Short GI (Intervalo de guarda pequeño)

SISO (Single-Input Single-Output)

SISO (Single-Input Single-Output)

SNR (potencia de señal que excede el ruido en el receptor )

## **T**

TID (Identificador de tráfico)

TXOP (Oportunidad de transmisión)

## **W**

WLAN (Wireless Local Area Network).



## **INDICE GENERAL**

**PORTADA**

**AGRADECIMIENTO**

**DEDICATORIA**

**CERTIFICACIÓN**

**DERECHOS DE AUTORIA**

**INDICE DE ABREVIATURAS**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE TABLAS**

**INTRODUCCION**

### **CAPÍTULO I**

<b>MARCO REFERENCIAL</b> .....	- 18 -
1.1 Antecedentes.....	- 18 -
1.2 Objetivos.....	- 20 -
1.2.1 Objetivos Generales .....	- 20 -
1.2.2Objetivos Específicos .....	- 20 -
1.3 Justificación .....	- 21 -
1.4 Hipótesis .....	- 22 -
1.5 Métodos y Técnicas .....	- 22 -

### **CAPÍTULO II**

<b>MARCO TERICO</b> .....	- 23 -
2.1 Red inalámbrica .....	- 23 -
2.1.1Ventajas .....	- 23 -
2.1.2 Desventajas .....	- 25 -
2.1.3 Rendimiento .....	- 26 -
2.2 WIFI.....	- 29 -
2.2.1 El nombre .....	- 30 -

2.3 802.11: El primer estándar de la LAN inalámbrica .....	30 -
2.3.1 Capas del Estándar 802.11 .....	31 -
2.3.2 Protocolos.....	32 -
2.4 Estándar 802.11b.....	40 -
2.4.1 Canales y frecuencias .....	40 -
2.5 IEEE 802.11 g .....	41 -
2.5.1 Descripción del estándar para redes wi-fi IEEE 802.11g .....	41 -
2.6 IEEE 802.11n .....	45 -
2.6.1 Historia .....	45 -
2.6.2 Qué nos lleva al 802.11n .....	46 -
2.6.3 Estudio Del Estándar IEEE 802.11n.....	47 -
2.6.4 Capa Física del Estándar 802.11n .....	48 -
2.6.5 Capa MAC del Estandar 802.11n .....	60 -
2.6.6 Rendimiento .....	69 -
2.6.7 Problemas.....	73 -

## **CAPÍTULO III**

<b>MARCO METODOLOGICO E HIPOTETICO .....</b>	<b>74 -</b>
3.1 Diseño de la investigación .....	74 -
3.2 Tipo de estudio.....	75 -
3.3 Diseño de la investigación .....	75 -
3.4 Métodos, Técnicas.....	75 -
3.5 Instrumentos .....	76 -
3.5.1 Validación de Instrumentos.....	76 -
3.6 Procesamiento de la información .....	77 -
3.7 Planteamiento de la hipótesis.....	78 -
3.8 Determinación de las variables .....	78 -
3.9 Operacionalización conceptual de las variables.....	78 -
3.10 Operacionalización metodológica de las variables .....	79 -

## **CAPITULO IV**

<b>RECOLECCIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....</b>	<b>80 -</b>
4.1 Determinación de los parámetros de comparación.....	80 -
4.2 Análisis e interpretación de resultados .....	80 -

4.3 Experimento realizado para transmitir datos .....	- 81 -
4.4 Presentación de Resultados .....	- 85 -
4.5 Comprobación de la hipótesis de la investigación .....	- 95 -

## **CAPITULO V**

<b>MARCO PROPOSITIVO</b> .....	- 98 -
5.1 Planificación de la guía referencial.....	- 98 -
5.1.1 Objetivos del diseño .....	- 98 -
5.2 Requisitos de la red .....	- 98 -
5.2.1 Requisitos de los usuarios de la red .....	- 98 -
5.2.2 Requerimientos funcionales.....	- 99 -
5.3 Selección de equipamiento de la red .....	- 99 -
5.3.1 Equipo Activo.....	- 99 -
5.3.2 Equipo Pasivo .....	- 100 -
5.3.3 Topología .....	- 100 -
5.4 Selección del Contenido Multimedia .....	- 100 -
5.5 Diseño de la red.....	- 101 -
5.5.1 Diagrama físico propuesto .....	- 101 -
5.6 Configuración de la red .....	- 102 -
5.7 Herramientas de análisis wireless .....	- 105 -
5.7.1 Mediciones usando las herramientas de análisis.....	- 105 -

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **RESUMEN**

## **SUMARY**

## **GLOSARIO DE TERMINOS**

## **BIBLIOGRAFIA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I Canales y Frecuencias .....	- 40 -
Tabla II.II Velocidades y Rangos 802.11b .....	- 41 -
Tabla II.III Características del Estándar 802.11g.....	- 42 -
Tabla II.IV IEEE 802.11g canal de mapa de frecuencia .....	- 44 -
Tabla III.V Operacionalización Conceptual de variables.....	- 78 -
Tabla III.VI Operacionalización Metodológica de variables.....	- 79 -
Tabla IV.VII Fiabilidad Estándar 802.11 b/g y nl .....	- 81 -
Tabla IV.VIII Ancho de Banda en archivos de texto transmitidos.....	- 82 -
Tabla IV.IX Ancho de Banda en archivos de audio transmitidos .....	- 82 -
Tabla IV.X Ancho de banda en archivos de video transmitidos .....	- 83 -
Tabla IV.XI Velocidad de Transmisión en archivos de texto .....	- 83 -
Tabla IV.XII Velocidad de Transmisión en archivos de audio .....	- 83 -
Tabla IV.XIII Velocidad de Transmisión en archivos de video .....	- 84 -
Tabla IV.XIV Tiempo de Transmisión en archivos de texto .....	- 84 -
Tabla IV.XV Tiempo de Transmisión en archivos de texto .....	- 85 -
Tabla IV.XVI Tiempo de Transmisión en archivos de video.....	- 85 -
Tabla IV.XVII Calidad de la Señal .....	- 86 -
Tabla IV.XVIII Ancho de Banda Datos .....	- 87 -
Tabla IV.XIX Ancho de Banda Audio .....	- 88 -
Tabla IV.XX Ancho de Banda Videos.....	- 89 -
Tabla IV.XXI Velocidad de Transmisión Datos .....	- 90 -
Tabla IV.XXII Velocidad de Transmisión Audio .....	- 91 -
Tabla IV.XXIII Velocidad de Transmisión Video .....	- 92 -
Tabla IV.XXIV Tiempo de Transmisión Datos.....	- 93 -
Tabla IV.XXV Tiempo de Transmisión de Audio .....	- 94 -
Tabla IV.XXVI Tiempo de Transmisión Videos .....	- 95 -
Tabla IV.XXVII Resumen General de Datos.....	- 96 -
Tabla IV.XXVIII Puntajes de los estándares .....	- 97 -
Tabla V.XXIX Archivos de Datos.....	- 100 -
Tabla V.XXX Archivos de Audio.....	- 100 -
Tabla V.XXXI Archivos de Video.....	- 101 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.01 Whole-Home Coverage .....	- 21 -
Figura II.02 Percentiles .....	- 27 -
Figura II.03 Control de Enlace Lógico .....	- 32 -
Figura II.04 Trama de Red.....	- 42 -
Figura II.05 Canales y frecuencias 802.11g.....	- 43 -
Figura II.06 Comparación entre las modulaciones: portadora única y OFDM .....	- 49 -
Figura II.07 Representación del sistema TransmitBeamforming .....	- 50 -
Figura II.08 Representación del sistema MIMO/SDM .....	- 51 -
Figura II.09 Sistema MIMO “2x3” .....	- 52 -
Figura II.10 Diseño de subportadoras en canal 40Mhz .....	- 53 -
Figura II.11 Máscara espectral del canal 40Mhz .....	- 54 -
Figura II.12 Interferencia co-canal entre canales de 20 y 40Mhz .....	- 55 -
Figura II.13 Diseño de subportadoras en canal de 20 Mhz.....	- 56 -
Figura II.14 Máscara espectral de canal 20 Mhz .....	- 56 -
Figura II.15 Coexistencia en la banda de 5 Ghz .....	- 57 -
Figura II.16 Coexistencia en la banda de 2,4 Ghz .....	- 58 -
Figura II.17 Representación del Intervalo de Guarda.....	- 59 -
Figura II.18 Diagrama de las mejoras introducidas respecto al estándar 802.11e .....	- 61 -
Figura II.19 Agregación A-MSDU y A-MPDU.....	- 62 -
Figura II.20 Encapsulamiento A-MSDU.....	- 63 -
Figura II.21 Encapsulamiento A-MPDU .....	- 63 -
Figura II.22 Mecanismo de reordenación.....	- 65 -
Figura II.23 Secuencias HT BA inmediato .....	- 65 -
Figura II.24 Secuencias HT BA retrasado .....	- 67 -
Figura II.25 TXOP (a) sin y (b) con el protocolo de dirección inversa.....	- 67 -
Figura II.26 Secuencia PMSP.....	- 69 -
Figura IV.27 Calidad de la Señal .....	- 86 -
Figura IV.28 ancho de Banda Datos.....	- 87 -
Figura IV.29 Ancho de Banda Audio .....	- 88 -
Figura IV.30 Ancho de Banda Videos.....	- 89 -
Figura IV.31 Velocidad de Transmisión Datos .....	- 90 -
Figura IV.32 Velocidad de Transmisión de Audio .....	- 91 -
Figura IV.33 Velocidad de Transmisión de Video .....	- 92 -
Figura IV.34 Tiempo de Transmisión de Datos.....	- 93 -
Figura IV.35 Tiempo de Transmisión de Audio.....	- 94 -
Figura IV.36 Tiempo de Transmisión de Video.....	- 95 -
Figura IV.37 Puntaje de los Estándares .....	- 97 -

Figura V.38 Diagrama Físico .....	- 101 -
Figura V.39 RouterBelkin N Wireless.....	- 102 -
Figura V.40 Pantalla de Configuración del Router .....	- 103 -
Figura V.41 Pantalla de Configuración de Redes.....	- 104 -
Figura V.42 Pantalla de Configuración de Firewall.....	- 105 -
Figura V.43 Intensidad de la señal.....	- 106 -
Figura V.44 Pantalla del porcentaje de uso del ancho de banda .....	- 106 -
Figura V.45 Pantalla del porcentaje de uso del ancho de banda .....	- 107 -
Figura V.46 Pantalla del porcentaje de uso del ancho de banda .....	- 107 -
Figura V.47 Pantalla de la velocidad de transmisión de texto .....	- 108 -
Figura V.48 Pantalla de la velocidad de transmisión de audio .....	- 108 -
Figura V.49 Pantalla de la velocidad de transmisión de video .....	- 109 -

## INTRODUCCIÓN

Frecuentemente nos topamos con el problema de tener que seleccionar una tarjeta de red inalámbrica (wireless) ya que hay algunas como a, b, g, n entre otras. En este trabajo investigativo, conoceremos cada uno de los diferentes estándares de la IEEE para las redes inalámbricas y los compararemos de manera que podamos seleccionar la tarjeta de red adecuada.

Se establecerá un ambiente donde se realizaran varias pruebas como son la transmisión de datos de texto, audio y video de diferentes tamaños esto lo realizaremos con la ayuda de varios dispositivos como son un router, un computador de escritorio que será el servidor, dos computadores portátiles una con el estándar 802.11b/g y otro con el estándar 802.11n, además del software Observer para controlar el tráfico de la red.

Se recogerá todos los datos arrojados de las pruebas realizadas y con estos resultados se realizará una comparación para establecer el estándar óptimo para la transmisión de datos y así demostrar la hipótesis planteada.

Plantearémos un escenario idóneo para la transmisión de datos tanto de texto, audio y video en redes inalámbricas, con el estándar que se establezca sea el mejor.

# CAPÍTULO I

## MARCO REFERENCIAL

### 1.1 Antecedentes

#### Red Inalámbrica

Cuando hablamos de WI-FI nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más utilizada hoy en día. Gracias a la capacidad de poder conectarse al servicio de Internet sin utilizar algún tipo de cable o medio físico, permitiéndole al usuario navegar en diferentes lugares WI-FI es una abreviatura de WirelessFidelity, también llamada WLAN (wirelesslan, red inalámbrica) o estándar IEEE 802.11.

El acceso a internet por medio de Wi-Fi, que en sus diferentes versiones (802.11a, b y g) puede ofrecer desde 11 Mbit/s hasta 54 Mbit/s, y sus distintas aplicaciones, especialmente en los (hot-spots) hoteles, aeropuertos, estaciones de servicio, centros de convenciones y comerciales, pueblos, etc., en los que se ofrece acceso a Internet, en muchos casos, de forma gratuita.

#### WI-FI

**Wi-Fi** es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables.

Wi-Fi es una marca de la *Wi-Fi Alliance* (anteriormente la *WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11.



### **Estándares existentes**

Existen diversos tipos de Wi-Fi, basado cada uno de ellos en un estándar IEEE 802.11 aprobado. Son los siguientes:

- Los estándares IEEE 802.11b e IEEE 802.11g disfrutaron de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbps y 54 Mbps, respectivamente.
- En la actualidad ya se maneja también el estándar IEEE 802.11a, conocido como WIFI 5, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. La banda de 5 GHz ha sido recientemente habilitada y, además no existen otras tecnologías (Bluetooth, microondas, ZigBee, WUSB) que la estén utilizando, por lo tanto existen muy pocas interferencias. Su alcance es algo menor que el de los estándares que trabajan a 2.4 GHz (aproximadamente un 10%), debido a que la frecuencia es mayor. (a mayor frecuencia, menor alcance).
- Un primer borrador del estándar IEEE 802.11n que trabaja a 2.4 GHz a una velocidad de 108 Mbps. Sin embargo, el estándar 802.11g es capaz de alcanzar ya transferencias a 108 Mbps, gracias a diversas técnicas de aceleramiento. Actualmente existen ciertos dispositivos que permiten utilizar esta tecnología, denominados *Pre-N*, sin embargo, no se sabe si serán compatibles ya que el estándar no está completamente revisado y aprobado.

Existen otras tecnologías inalámbricas como Bluetooth que también funcionan a una frecuencia de 2.4 GHz, por lo que puede presentar interferencias con Wi-Fi Debido a esto, en la versión 1.2 del estándar Bluetooth por ejemplo se actualizó su especificación para que no existieran interferencias con la utilización simultánea de ambas tecnologías, además se necesita tener 40.000 k de velocidad.

### **IEEE 802.11**

El estándar IEEE 802.11 o Wi-Fi de IEEE define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

Wifi N ó 802.11n: En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b y/o g, sin embargo ya se ha ratificado el estándar 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps. Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

El estándar 802.11n hace uso simultáneo de ambas bandas, 2,4 GHz y 5,4 GHz. Las redes que trabajan bajo los estándares 802.11b y 802.11g, tras la reciente ratificación del estándar, se empiezan a fabricar de forma masiva y es objeto de promociones de los operadores ADSL, de forma que la masificación de la citada tecnología parece estar en camino. Todas las versiones de 802.11xx, aportan la ventaja de ser compatibles entre sí, de forma que el usuario no necesitará nada más que su adaptador wifi integrado, para poder conectarse a la red.

Sin duda esta es la principal ventaja que diferencia wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE, UMTS y Wimax, las tres tecnologías mencionadas, únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos wifi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL, ya suele venir acompañada de wifi 802.11n, como novedad en el mercado de usuario doméstico.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivos Generales**

- Estudio del rendimiento del estándar 802.11n en la comparación con dispositivos con estándar 802.11 b/g en transmisión de datos.

### **1.2.2Objetivos Específicos**

- Estudiar las características de los estándares 802.11b/g y 802.11n
- Implementar un ambiente de simulación para el estudio de los dispositivos que trabajan con estos estándares.
- Analizar el rendimiento del estándar 802.11n con parámetros seleccionados en comparación con el 802.11b/g.

- Proponer un diseño de una red inalámbrica aplicando el estándar 802.11n y 802.11b/g.

### 1.3 Justificación

Como característica principal del estándar 802.11n se encuentran una velocidad de transmisión de hasta 600Mbps en un canal de 40MHz. Está construido basándose en los estándares 802.11 anteriores, agregando Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar tramas a la capa MAC.

Utilizar conjuntamente una arquitectura MIMO con canales de mayor ancho de banda ofrece la oportunidad de crear sistemas muy poderosos y rentables para incrementar la velocidad de transmisión de la capa física.

Esta es una gran ventaja con respecto a los estándares anteriores como son el 802.11b que tiene una velocidad de 11Mbps y el 802.11g de 54Mbps, con una frecuencia de operación de 2.4Ghz.

Uno de los principales problemas que se encuentran en las redes inalámbricas es el alcance que logran conseguir para la transmisión de datos, con el estándar 802.11n se promete lograr uno de 70m interior. Como el incremento de otros recursos de su performance como la transmisión de video de alta definición desde lugares más alejados.

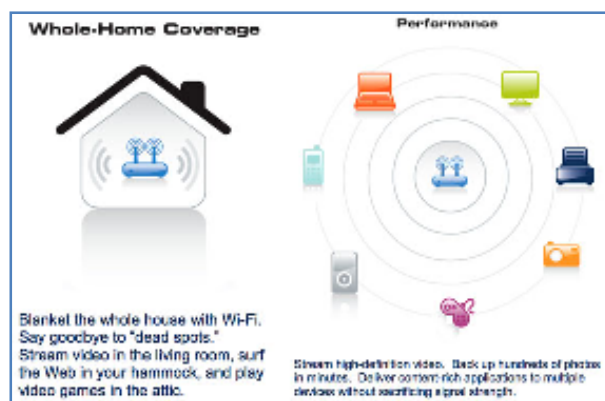


Figura I.01 Whole-Home Coverage

Y además el estándar 802.11n ofrece mejoras en los siguientes aspectos:

- Mayor *throughput*

- Mayor rango de alcance
- Más capacidad a la red
- Poco consumo
- Uso eficiente del espectro

Tenemos que tener en cuenta que al contar con puntos de acceso de gran velocidad está será reducida de acuerdo a la velocidad con la que trabajen los usuarios, es por esta razón que estamos proponiendo realizar el presente trabajo de investigación al implementar un ambiente donde podamos realizar la comparación de las características de cada uno de los estándares para identificar los problemas que se pueden presentar durante la realización de distintos experimentos.

Además este trabajo servirá como material de apoyo a los estudiantes para que tengan en cuenta el funcionamiento de los dispositivos con los estándares 802.11b/g/n al trabajar sobre redes Wi-Fi de estas características.

Hemos considerado el siguiente diagrama para la implementación del ambiente donde se va a realizar los diferentes estudios que nos ayudaran comprobar el rendimiento del estándar 802.11n con relación al estándar 802.11 b/g.

## **1.4 Hipótesis**

El estándar 802.11n tiene mejor rendimiento que el estándar 802.11b/g.

## **1.5 Métodos y Técnicas**

### **Métodos.**

Investigativo.- Mediante este método se recolectará toda la información necesaria de los diferentes dispositivos que serán empleados en el desarrollo de nuestro proyecto.

Experimental.- Con este método se realizarán las pruebas del objetivo del proyecto.

### **Técnicas.**

Recopilación de la información.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TERICO**

#### **2.1 Red inalámbrica**

Las redes inalámbricas se han convertido en una alternativa francamente interesante a las redes cableadas. Su bajo costo, facilidad de instalación y la libertad que ofrecen para poder conectarse en cualquier lugar, son factores por los que cada día las vemos más en una sala de conferencias, en un almacén, en el auto, desde casa, en el aeropuerto, en el hotel y en la cafetería, oficinas o Host-spots.

El término **red inalámbrica** (*Wirelessnetwork*) en inglés es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de puertos.

##### **2.1.1Ventajas**

Entre las ventajas de las redes inalámbricas a corto y largo plazo, se incluyen:

- **Accesibilidad:** Todos los equipos portátiles y la mayoría de los teléfonos móviles de hoy día vienen equipados con la tecnología Wi-Fi necesaria para conectarse directamente a una LAN inalámbrica. Los usuarios pueden acceder de forma segura a sus recursos de red desde cualquier ubicación dentro de su área de cobertura. Generalmente, el área de cobertura es su instalación, aunque se puede ampliar para incluir más de un edificio.
- **Movilidad:** Los empleados pueden permanecer conectados a la red incluso cuando no se encuentren en sus mesas. Los asistentes de una reunión pueden acceder a

documentos y aplicaciones. Los vendedores pueden consultar la red para obtener información importante desde cualquier ubicación.

- **Productividad:** El acceso a la información y a las aplicaciones clave de su empresa ayuda a su personal a realizar su trabajo y fomentar la colaboración. Los visitantes (como clientes, contratistas o proveedores) pueden tener acceso de invitado seguro a Internet y a sus datos de empresa.
- **Fácil configuración:** Al no tener que colocar cables físicos en una ubicación, la instalación puede ser más rápida y rentable. Las redes LAN inalámbricas también facilitan la conectividad de red en ubicaciones de difícil acceso, como en un almacén o en una fábrica.
- **Escalabilidad:** Conforme crecen sus operaciones comerciales, puede que necesite ampliar su red rápidamente. Generalmente, las redes inalámbricas se pueden ampliar con el equipo existente, mientras que una red cableada puede necesitar cableado adicional.
- **Seguridad:** Controlar y gestionar el acceso a su red inalámbrica es importante para su éxito. Los avances en tecnología Wi-Fi proporcionan protecciones de seguridad sólidas para que sus datos sólo estén disponibles para las personas a las que le permita el acceso.
- **Costes:** Con una red inalámbrica puede reducir los costes, ya que se eliminan o se reducen los costes de cableado durante los traslados de oficina, nuevas configuraciones o expansiones.

Del mismo modo, las redes inalámbricas te liberan de las ataduras de un cable Ethernet en un escritorio. Los usuarios o desarrolladores pueden trabajar en la biblioteca, en una sala de conferencias, en el estacionamiento, o incluso en la cafetería de enfrente. Mientras los usuarios de la red inalámbrica estén dentro de los márgenes, pueden tomar ventaja de la red. Equipos disponibles puede abarcar un campus corporativo, y en terreno favorable, puede ampliar el alcance de una red 802.11 hasta unos pocos kilómetros.

### **2.1.2 Desventajas**

La tecnología basada en ondas electromagnéticas, siendo bastante atractiva por el factor de la movilidad que facilita, sigue siendo más compleja que la tecnología del cable, ya que el entorno donde se desarrolla la radiofrecuencia (espacio libre), esta sujeta a factores externos del propio sistema de transmisión; variable, vulnerable, y de difícil predicción y control lo que genera un factor de incertidumbre. Así mismo no tiene el “background” histórico del cable, lo que también ayuda a aumentar las dificultades.

Pero estos factores se apoyan más bien en la excelencia de la planificación, estrategia y gestión de los proyectos, así como del equipo humano asociado.

#### **Su reducida velocidad de transferencia**

La velocidad de transferencia de datos en una red inalámbrica, al menos en teoría, es de apenas 11 y 54 Mbps. En cambio, las redes alambreadas normales trabajan a 100 Mbps; es decir, son más veloces que las inalámbricas.

Uno de los defectos de las redes inalámbricas, es que son más lentas que las alambreadas. Una red de 100 Mbps, es casi 10 veces más veloz que una inalámbrica de 11 Mbps.

Y aunque para estas últimas ya se aprobó un estándar de 54Mbps y 108 Mbps en las alambreadas esta entrando el estándar Gigabit Ethernet; esto les permite trabajar incluso a 1000Mbps.

De manera que si un cliente desea un ágil intercambio de datos, la mejor opción sigue siendo una red cableada tradicional.

#### **Es más costosa**

En las condiciones actuales de la tecnología, resulta mucho más económico armar una red alambreada que una red inalámbrica. Y es que casi todas las computadoras modernas ya incluyen una tarjeta de red. Además, los switches y ruteadores (routers) para una red alambreada, cuestan menos que sus contrapartes para redes inalámbricas.

#### **Es menos segura**

Otro punto que hay que tener en cuenta es la seguridad. Muchas redes Wireless sufren accesos no debidos, gracias a la inexperiencia de quienes las instalaron y no configuraron correctamente los parámetros de seguridad. Éstas son invadidas por usuarios que las acceden

hasta con dispositivos de menor jerarquía, como por ejemplo Palms, PDA o pequeños dispositivos portátiles. Por tales motivos, es imprescindible cumplir en la configuración de estas redes con una serie de requisitos mínimos e indispensables concernientes a la seguridad. Esta sujeta de interferencias. Otro punto débil presente en las redes wireless consiste en su propensión a interferencias. Debido al rango de señal en el cual trabaja (en su mayoría los 2, 4 GHz) suelen ser interferidas por artefactos de uso común en cualquier casa u oficina, como teléfonos inalámbricos, que utilizan ese mismo rango de comunicación.

### 2.1.3 Rendimiento

#### Métricas de rendimiento

- Tasa máxima de transmisión (throughput)
- Utilización del canal
- Retardo y sus tipos
- Pérdida de paquetes
- Disponibilidad
- Métricas específicas de servicios

#### Tasa máxima de transmisión (throughput)

- La cantidad de bits transmitidos en una unidad de tiempo
- Da una idea de la capacidad del canal
- Se suele medir en bits por segundo
- Tener en cuenta:
  - Compresión
  - Carga añadida por los protocolos (*overhead*)
  - 1 Kilo byte = 1024 bytes, no 1000 bytes
  - 1 Kbps = 1000 bits por segundo, no 1024

#### Utilización del canal

Mientras el throughput es la tasa de bits máxima a la cual es posible transmitir a través de un canal, la utilización da una idea de qué fracción de la capacidad máxima de un canal está siendo realmente utilizada.

Para fines de planificación, es de interés contabilizar y visualizar las series históricas de la utilización del canal, medido periódicamente.

#### Percentil 95

- El valor más pequeño que es mayor que el 95% de los valores en una muestra.



- Significa que el 95% del tiempo, la utilización del canal es igual o menor que este valor.
  - Se descartan los picos
- Por qué es importante en las redes de datos?
  - Da una idea de la utilización regular, sostenida del canal.
  - Los ISPs la utilizan para facturación de enlaces grandes.

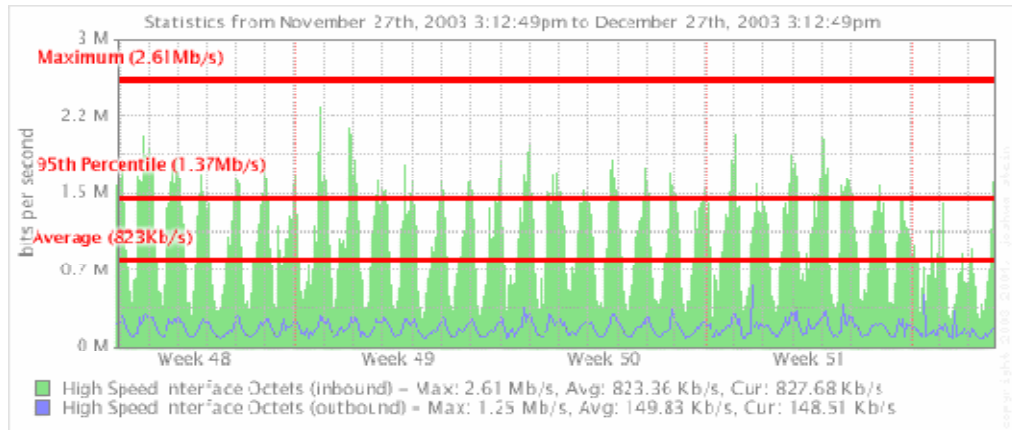


Figura II.02 Percentiles

### Retardo extremo-a-extremo

- El tiempo transcurrido en la transmisión de un paquete durante su trayecto completo.
  - Producido por una aplicación, entregado al sistema operativo, pasado a una tarjeta de red, codificado, transmitido por un medio físico (cobre, fibra, aire), recibido por un equipo intermedio (switch, router), analizado, retransmitido en otro medio...etc.
  - La medición más común es de ida y vuelta (ping).
- Consta de varios tipos de retardos individuales:
  - Procesamiento, Colas, Transmisión, Propagación
  - Retardo de Procesamiento
    - Tiempo requerido en analizar el encabezado y decidir a dónde enviar el paquete (decisión de enrutamiento)
      - En un enrutador, dependerá del número de entradas en la tabla de rutas, la implementación, el hardware, etc.
    - Puede incluir la verificación de errores.
  - Retardo de Colas
    - Tiempo en que el paquete espera en un búfer hasta ser transmitido
    - El número de paquetes esperando en cola dependerá de la intensidad y la naturaleza del tráfico.

- Los algoritmos de colas en los enrutadores intentan adaptar estos retardos a ciertas preferencias, o imponer un uso equitativo
- Retardo de Transmisión
  - El tiempo requerido para 'empujar' todos los bits de un paquete a través del medio de transmisión.
  - Para  $R$ =Tasa de bits,  $L$ =Longitud del paquete  $d$  = delay o retardo =  $L/R$
  - Por ejemplo, para transmitir un paquete de 1024 bits utilizando Fast Ethernet (100Mbps):  
$$d = 1024/1 \times 10^8 = 10.24 \text{ micro segundos}$$
- Retardo de Propagación
  - Una vez que el bit es 'empujado' en el medio, el tiempo transcurrido en su propagación hasta el final del trayecto físico.
  - La velocidad de propagación del enlace depende del medio físico.
    - Cercano a la velocidad de la luz en la mayoría de los casos.
  - Para  $d$  = distancia,  $s$  = velocidad de propagación  
$$D = d/s$$
- Transmisión vs. Propagación
  - Puede ser confuso al principio
  - Considerar un ejemplo:
    - Dos enlaces de 100 Mbps.
      - Fibra óptica de 1 Km
      - Vía Satélite, con una distancia de 30Km entre base y satélite
  - Para dos paquetes del mismo tamaño, ¿cuál tiene mayor retardo de transmisión? ¿Y propagación?

### **Pérdida de paquetes**

- Ocurren por el hecho de que las colas (búfers) no son infinitas
  - Cuando un paquete llega a una cola y ésta está llena, el paquete se descarta, o se pierde.
  - La pérdida de paquetes, si ha de ser corregida, se resuelve en capas superiores (transporte o aplicación).
  - La corrección de pérdidas, usando retransmisión, puede causar aún más congestión si no se ejerce algún tipo de control.

- Control de Flujo y Congestión
  - Limitar la tasa de envío porque el receptor no puede procesar los paquetes a la misma velocidad que los recibe.
  - Limitar la tasa de envío del emisor porque existen pérdidas y retardos en el trayecto.
- Control de Flujo y Congestión
  - IP implementa un servicio no-orientado a conexión.
    - No existe ningún mecanismo en IP que ataque las causas de la pérdida de paquetes
  - TCP implementa control de flujo y congestión.
    - En los extremos, porque los nodos intermedios en la capa de red no hablan TCP.

#### **Medidas de rendimiento más comunes**

- Relativas al tráfico
  - Bits por segundo
  - Paquetes por segundo
  - Paquetes unicast vs. paquetes non-unicast
  - Errores
  - Paquetes descartados
  - Flujos por segundo
  - Tiempo de ida y vuelta (RTT)
  - Dispersión del retardo (Jitter) [5].

## **2.2 WIFI**

**Wi-Fi** siglas en inglés de *WirelessFidelity*, es un sistema de envío de datos sobre redes computacionales que utiliza ondas de radio en lugar de cables, además es una marca de la *Wi-Fi Alliance* (anteriormente la *WECA: Wireless Ethernet Compatibility Alliance*), la organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares 802.11 [7].

### **2.2.1 El nombre**

Aunque se pensaba que el término viene de **Wireless Fidelity** como equivalente a Hi-Fi, High Fidelity, que se usa en la grabación de sonido, realmente la WECA contrató a una empresa de publicidad para que le diera un nombre a su estándar, de tal manera que fuera fácil de identificar y recordar. Phil Belanger, miembro fundador de Wi-Fi Alliance que apoyó el nombre Wi-Fi escribió:

“Wi-Fi y el "Style logo" del Ying Yang fueron inventados por la agencia Interbrand. Nosotros (WiFi Alliance) contratamos Interbrand para que nos hiciera un logotipo y un nombre que fuera corto, tuviera mercado y fuera fácil de recordar. Necesitábamos algo que fuera algo más llamativo que “IEEE 802.11b de Secuencia Directa”. Interbrand creó nombres como “Prozac”, “Compaq”, “OneWorld”, “Imation”, por mencionar algunas. Incluso inventaron un nombre para la compañía: VIVATO.”

### **2.3 802.11: El primer estándar de la LAN inalámbrica**

Para definir estándares de la industria para las LAN inalámbricas, en 1991 diversos individuos que representaban una variedad de partes interesadas entre los que se incluyen fabricantes competidores como Telxon, NCR, ProximTechnology y Symbol Technologies emitieron al principio una solicitud de autorización del proyecto (ProjectAuthorizationRequest. PAR, por sus siglas en inglés) al IEEE, a fin de establecer un estándar interoperable para las LAN inalámbricas.

Esta tendencia se inclinó hacia el grupo recién formado en torno a la banda de 2.4 GHz y rechazó la de 900Mhz. En junio de 1997, el estándar 802.11 del IEEE, que tenía más de seis años en el proceso de creación fue ratificado. Este primer estándar 802.11 proporcionaba velocidades de datos de 1 y 2 Mbps, una forma rudimentaria de cifrado de datos que, se puede decir un nombre confuso: Privacidad equivalente al cableado (WiredEquivalentPrivacy, WEP, por sus siglas en inglés), así como la transmisión a través de las tecnologías de secuencia directa y de salto de frecuencias sobre una banda de 2.4GHz, además de rayos infrarrojos [5].

El estándar IEEE 802.11 o Wi-Fi de IEEE define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI (capas física y de enlace de datos), especificando sus normas de

funcionamiento en una WLAN. Los protocolos de la rama 802.x definen la tecnología de redes de área local y redes de área metropolitana.

Wifi N ó 802.11n: En la actualidad la mayoría de productos son de la especificación b y/o g , sin embargo ya se ha ratificado el estándar 802.11n que sube el límite teórico hasta los 600 Mbps Actualmente ya existen varios productos que cumplen el estándar N con un máximo de 300 Mbps (80-100 estables).

La principal ventaja que diferencia wifi de otras tecnologías propietarias, como LTE, UMTS y Wimax, las tres tecnologías mencionadas, únicamente están accesibles a los usuarios mediante la suscripción a los servicios de un operador que autorizado para uso de espectro radioeléctrico, mediante concesión de ámbito nacional.

La mayor parte de los fabricantes ya incorpora a sus líneas de producción equipos wifi 802.11n, por este motivo la oferta ADSL, ya suele venir acompañada de wifi 802.11n, como novedad en el mercado de usuario domestico.

### **2.3.1 Capas del Estándar 802.11**

El objetivo del estándar 802.11 fue desarrollar una capa MAC y PHY para conexiones inalámbricas fijas, portátiles y estaciones de movimiento dentro de un área local. Cuando mayor sea capas OSI son las mismas que en cualquier otro estándar 802.x. lo que significa que en este nivel no hay diferencia perceptible entre el cable y los medios de comunicación inalámbricas.

Este estándar cumple con la funcionalidad de la capa 1 (capa física-PHY) y parte de la capa 2 (control de acceso al medio-MAC), organizados en un conjunto separado de estándares desde el control de enlace lógico (capa 2), debido a la dependencia entre la topología de cada estándar, el medio y control de acceso al medio.

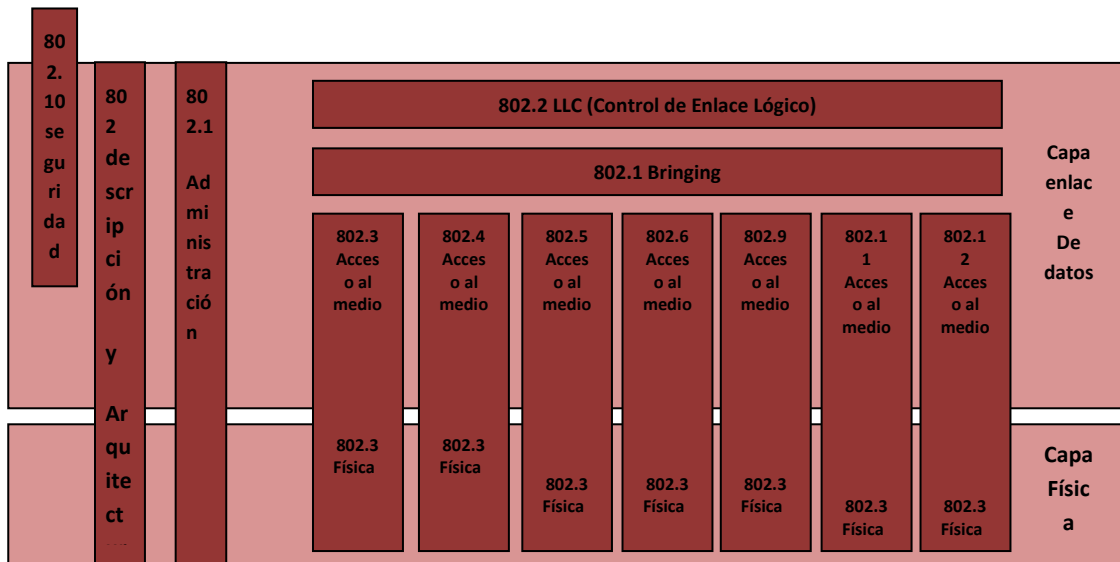


Figura II.03 Control de Enlace Lógico

La combinación de estándar LLC (802.2) y cualquier protocolo MAC es equivalente en funcionalidad a la capa de enlaces de datos del modelo OSI.

El estándar es para especificaciones MAC y PHY de WLAN. Define los protocolos por aire necesarios para soportar una red inalámbrica en un área local, cada especificación cumple con los siguientes servicios:

**Servicios MAC:**

- Servicio de datos asíncrono
- Servicio de seguridad
- Ordenamiento de las unidades de servicio MAC (MSDU)

**Servicio de Capa Física**

- Procedimiento de convergencia de capa física (PLCP)
- Sistema dependiente del medio físico (PMD) normalizado por 802.11, a, b y g [1].

**2.3.2 Protocolos**

**802.11 legacy**

La versión original del estándar IEEE 802.11 publicada en 1997 especifica dos velocidades de transmisión *teóricas* de 1 y 2 megabits por segundo (Mbit/s) que se transmiten por señales

infrarrojas (IR). IR sigue siendo parte del estándar, si bien no hay implementaciones disponibles.

El estándar original también define el protocolo CSMA/CA (Múltiple acceso por detección de portadora evitando colisiones) como método de acceso. Una parte importante de la velocidad de transmisión teórica se utiliza en las necesidades de esta codificación para mejorar la calidad de la transmisión bajo condiciones ambientales diversas, lo cual se tradujo en dificultades de interoperabilidad entre equipos de diferentes marcas. Estas y otras debilidades fueron corregidas en el estándar 802.11b, que fue el primero de esta familia en alcanzar amplia aceptación entre los consumidores.

### **802.11a**

En 1997 el IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) crea el Estándar 802.11 con velocidades de transmisión de 2Mbps.

En 1999, el IEEE aprobó ambos estándares: el 802.11a y el 802.11b.

En 2001 hicieron su aparición en el mercado los productos del estándar 802.11a.

La revisión 802.11a fue ratificada en 1999. El estándar 802.11a utiliza el mismo juego de protocolos de base que el estándar original, opera en la banda de 5 GHz y utiliza 52 subportadoras orthogonalfrequency-divisionmultiplexing (OFDM) con una velocidad máxima de 54 Mbit/s, lo que lo hace un estándar práctico para redes inalámbricas con velocidades reales de aproximadamente 20 Mbit/s. La velocidad de datos se reduce a 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbit/s en caso necesario. 802.11a tiene 12 canales sin solapa, 8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto. No puede interoperar con equipos del estándar 802.11b, excepto si se dispone de equipos que implementen ambos estándares.

Dado que la banda de 2.4 GHz tiene gran uso (pues es la misma banda usada por los teléfonos inalámbricos y los hornos de microondas, entre otros aparatos), el utilizar la banda de 5 GHz representa una ventaja del estándar 802.11a, dado que se presentan menos interferencias. Sin embargo, la utilización de esta banda también tiene sus desventajas, dado que restringe el uso de los equipos 802.11a a únicamente puntos en línea de vista, con lo que se hace necesario la instalación de un mayor número de puntos de acceso; Esto significa también que los equipos que trabajan con este estándar no pueden penetrar tan lejos como los del estándar 802.11b dado que sus ondas son más fácilmente absorbidas.

### **802.11b**

La revisión 802.11b del estándar original fue ratificada en 1999. 802.11b tiene una velocidad máxima de transmisión de 11 Mbit/s y utiliza el mismo método de acceso definido en el estándar original CSMA/CA. El estándar 802.11b funciona en la banda de 2.4 GHz. Debido al espacio ocupado por la codificación del protocolo CSMA/CA, en la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbit/s sobre TCP y 7.1 Mbit/s sobre UDP.

Aunque también utiliza una técnica de ensanchado de espectro basada en DSSS, en realidad la extensión 802.11b introduce CCK (Complementary Code Keying) para llegar a velocidades de 5,5 y 11 Mbps (tasa física de bit). El estándar también admite el uso de PBCC (Packet Binary Convolutional Coding) como opcional. Los dispositivos 802.11b deben mantener la compatibilidad con el anterior equipamiento DSSS especificado a la norma original IEEE 802.11 con velocidades de 1 y 2 Mbps.

### **802.11c**

Es menos usado que los primeros dos, pero por la implementación que este protocolo refleja. El protocolo 'c' es utilizado para la comunicación de dos redes distintas o de diferentes tipos, así como puede ser tanto conectar dos edificios distantes el uno con el otro, así como conectar dos redes de diferente tipo a través de una conexión inalámbrica. El protocolo 'c' es más utilizado diariamente, debido al costo que implica las largas distancias de instalación con fibra óptica, que aunque más fidedigna, resulta más costosa tanto en instrumentos monetarios como en tiempo de instalación.

"El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11 (en el nivel de enlace de datos)".

### **802.11d**

Es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.



### **802.11e**

Con el estándar 802.11, la tecnología IEEE 802.11 soporta tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones. Las aplicaciones en tiempo real son ahora una realidad por las garantías de Calidad de Servicio (QoS) proporcionado por el 802.11e. El objetivo del nuevo estándar 802.11e es introducir nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio. Para cumplir con su objetivo IEEE 802.11e introduce un nuevo elemento llamado HybridCoordinationFunction (HCF) con dos tipos de acceso:

- (EDCA) Enhanced Distributed Channel Access, equivalente a DCF.
- (HCCA) HCF Controlled Access, equivalente a PCF.

En este nuevo estándar se definen cuatro categorías de acceso al medio (Ordenadas de menos a más prioritarias).

- Background (AC\_BK)
- BestEffort (AC\_BE)
- Video (AC\_VI)
- Voice (AC\_VO)

Para conseguir la diferenciación del tráfico se definen diferentes tiempos de acceso al medio y diferentes tamaños de la ventana de contención para cada una de las categorías.

### **802.11f**

Es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. También se conoce a esta propiedad simplemente como itinerancia.

### **802.11g**

En junio de 2003, se ratificó un tercer estándar de modulación: 802.11g. Que es la evolución del estándar 802.11b, Este utiliza la banda de 2.4 GHz (al igual que el estándar 802.11b) pero

opera a una velocidad teórica máxima de 54 Mbit/s, que en promedio es de 22.0 Mbit/s de velocidad real de transferencia, similar a la del estándar 802.11a. Es compatible con el estándar b y utiliza las mismas frecuencias. Buena parte del proceso de diseño del estándar lo tomó el hacer compatibles los dos estándares. Sin embargo, en redes bajo el estándar g la presencia de nodos bajo el estándar b reduce significativamente la velocidad de transmisión.

Los equipos que trabajan bajo el estándar 802.11g llegaron al mercado muy rápidamente, incluso antes de su ratificación que fue dada aprox. el 20 de junio del 2003. Esto se debió en parte a que para construir equipos bajo este nuevo estándar se podían adaptar los ya diseñados para el estándar b.

Actualmente se venden equipos con esta especificación, con potencias de hasta medio vatio, que permite hacer comunicaciones de hasta 50 km con antenas parabólicas o equipos de radio apropiados.

#### **802.11h**

La especificación 802.11h es una modificación sobre el estándar 802.11 para WLAN desarrollado por el grupo de trabajo 11 del comité de estándares LAN/MAN del IEEE (IEEE 802) y que se hizo público en octubre de 2003. 802.11h intenta resolver problemas derivados de la coexistencia de las redes 802.11 con sistemas de Radar y/o Satélite.

El desarrollo del 802.11h sigue unas recomendaciones hechas por la ITU que fueron motivadas principalmente a raíz de los requerimientos que la Oficina Europea de Radiocomunicaciones (ERO) estimó convenientes para minimizar el impacto de abrir la banda de 5 GHz, utilizada generalmente por sistemas militares, a aplicaciones ISM (ECC/DEC/ (04)08).

Con el fin de respetar estos requerimientos, 802.11h proporciona a las redes 802.11a la capacidad de gestionar dinámicamente tanto la frecuencia, como la potencia de transmisión.

#### **802.11i**

Está dirigido a batir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado). Se implementa en WPA2.

### **802.11j**

Es equivalente al 802.11h, en la regulación Japonesa

### **802.11k**

Permite a los conmutadores y puntos de acceso inalámbricos calcular y valorar los recursos de radiofrecuencia de los clientes de una red WLAN, mejorando así su gestión. Está diseñado para ser implementado en software, para soportarlo el equipamiento WLAN sólo requiere ser actualizado. Y, como es lógico, para que el estándar sea efectivo, han de ser compatibles tanto los clientes (adaptadores y tarjetas WLAN) como la infraestructura (puntos de acceso y conmutadores WLAN).

### **802.11n**

En enero de 2004, el IEEE anunció la formación de un grupo de trabajo 802.11 (Tgn) para desarrollar una nueva revisión del estándar 802.11. La velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps (lo que significa que las velocidades teóricas de transmisión serían aún mayores), 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 se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con este nuevo estándar gracias a la tecnología MIMO Multiple Input – Multiple Output, que permite utilizar varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas (3). Existen también otras propuestas alternativas que podrán ser consideradas. El estándar ya está redactado, y se viene implantando desde 2008. A principios de 2007 se aprobó el segundo boceto del estándar. Anteriormente ya había dispositivos adelantados al protocolo y que ofrecían de forma no oficial éste estándar (con la promesa de actualizaciones para cumplir el estándar cuando el definitivo estuviera implantado). Ha sufrido una serie de retrasos y el último lo lleva hasta Noviembre de 2009. Habiéndose aprobado en Enero de 2009 el proyecto 7.0 y que va por buen camino para cumplir las fechas señaladas. A diferencia de las otras versiones de Wi-Fi, 802.11n 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). Gracias a ello, 802.11n es compatible con dispositivos basados en todas las ediciones anteriores de Wi-Fi. Además, es útil que trabaje en la banda de 5 GHz, ya que está menos congestionada y en 802.11n permite alcanzar un mayor rendimiento.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009 con una velocidad de 600 Mbps en capa física.

#### **802.11p**

Este estándar opera en el espectro de frecuencias de 5.9 GHz, especialmente indicado para automóviles. Será la base de las comunicaciones dedicadas de corto alcance (DSRC) en Norteamérica. La tecnología DSRC permitirá el intercambio de datos entre vehículos y entre automóviles e infraestructuras en carretera.

#### **802.11r**

También se conoce como Fast Basic Service Set Transition, y su principal característica es permitir a la red que establezca los protocolos de seguridad que identifican a un dispositivo en el nuevo punto de acceso antes de que abandone el actual y se pase a él. Esta función, que una vez enunciada parece obvia e indispensable en un sistema de datos inalámbricos, permite que la transición entre nodos demore menos de 50 milisegundos. Un lapso de tiempo de esa magnitud es lo suficientemente corto como para mantener una comunicación vía VoIP sin que haya cortes perceptibles.

#### **802.11s**

Define la interoperabilidad de fabricantes en cuanto a protocolos Mesh (son aquellas redes en las que se mezclan las dos topologías de las redes inalámbricas, la topología Ad-hoc y la topología infraestructura.). Bien es sabido que no existe un estándar, y que por eso cada fabricante tiene sus propios mecanismos de generación de mallas.

#### **802.11v**

IEEE 802.11v servirá (previsto para el 2010) para permitir la configuración remota de los dispositivos cliente. Esto permitirá una gestión de las estaciones de forma centralizada (similar a una red celular) o distribuida, a través de un mecanismo de capa 2. Esto incluye, por ejemplo, la capacidad de la red para supervisar, configurar y actualizar las estaciones cliente. Además de la mejora de la gestión, las nuevas capacidades proporcionadas por el 11v se desglosan en cuatro categorías: mecanismos de ahorro de energía con dispositivos de mano VoIPWi-Fi en mente; posicionamiento, para proporcionar nuevos servicios dependientes de la ubicación; temporización, para soportar aplicaciones que requieren un calibrado muy preciso; y

coexistencia, que reúne mecanismos para reducir la interferencia entre diferentes tecnologías en un mismo dispositivo.

### **802.11w**

Todavía no concluido. TGW está trabajando en mejorar la capa del control de acceso del medio de IEEE 802.11 para aumentar la seguridad de los protocolos de autenticación y codificación. Las LANs inalámbricas envían la información del sistema en tramas desprotegidos, que los hace vulnerables. Este estándar podrá proteger las redes contra la interrupción causada por los sistemas malévolos que crean peticiones desasociadas que parecen ser enviadas por el equipo válido. Se intenta extender la protección que aporta el estándar 802.11i más allá de los datos hasta las tramas de gestión, responsables de las principales operaciones de una red. Estas extensiones tendrán interacciones con IEEE 802.11r e IEEE 802.11u.

### **802.11y**

Publicado en noviembre de 2008, y permite operar en la banda de 3650 a 3700 MHz (excepto cuando pueda interferir con una estación terrestre de comunicaciones por satélite) en EEUU, aunque otras bandas en diferentes dominios reguladores también se están estudiando. Las normas FCC para la banda de 3650 MHz permiten que las estaciones registradas operen a una potencia mucho mayor que en las tradicionales bandas ISM (hasta 20 W PIRE). Otros tres conceptos se añaden: Contention Base Protocol (CBP), Extended Channel Switch Announcement (ECSA), y Dependent Station Enablement (DSE). CBP incluye mejoras en los mecanismos de detección de portadora. ECSA proporciona un mecanismo para que los puntos de acceso (APs) notifiquen a las estaciones conectadas a él de su intención de cambiar de canal o ancho de banda. Por último, la DSE se utiliza para la gestión de licencias.

### **Protocolo propietario**

#### **802.11G+**

Hoy en día el estándar 802.11G Turbo mode, con una banda de 2.4 GHz, alcanza una velocidad de transferencia de 108 Mbps. Esto es proporcionado por el chipset Atheros.

## 2.4 Estándar 802.11b

**IEEE 802.11b-1999** o **802.11b**, es una modificación de la Norma IEEE 802.11 que amplía la *tasa de transferencia* hasta los 11 Mbit/s usando la misma banda de 2.4 GHz. Estas especificaciones bajo el nombre comercial de Wi-Fi han sido implementadas en todo el mundo. La modificación se incorporó a la norma en la edición **IEEE 802.11-2007**.

Las 802.11 son un juego de Normas IEEE que gobiernan los métodos de transmisión para redes inalámbricas. Hoy se usan comúnmente sus versiones 802.11a, 802.11b y 802.11g para proporcionar conectividad en los hogares, oficinas y establecimientos comerciales.

### 2.4.1 Canales y frecuencias

Tabla II.I Canales y Frecuencias

802.11b/g Mapa de Canales y Frecuencias			
Canal	Center Frecuencia	Ancho de banda	Canales solapados
1	2.412 GHz	2.401 GHz - 2.423 GHz	2,3,4,5
2	2.417 GHz	2.406 GHz - 2.428 GHz	1,3,4,5,6
3	2.422 GHz	2.411 GHz - 2.433 GHz	1,2,4,5,6,7
4	2.427 GHz	2.416 GHz - 2.438 GHz	1,2,3,5,6,7,8
5	2.432 GHz	2.421 GHz - 2.443 GHz	1,2,3,4,6,7,8,9
6	2.437 GHz	2.426 GHz - 2.448 GHz	2,3,4,5,7,8,9,10
7	2.442 GHz	2.431 GHz - 2.453 GHz	3,4,5,6,8,9,10,11
8	2.447 GHz	2.436 GHz - 2.458 GHz	4,5,6,7,9,10,11,12
9	2.452 GHz	2.441 GHz - 2.463 GHz	5,6,7,8,10,11,12,13

10	2.457 GHz	2.446 GHz - 2.468 GHz	6,7,8,9,11,12,13,14
11	2.462 GHz	2.451 GHz - 2.473 GHz	7,8,9,10,12,13,14
12	2.467 GHz	2.456 GHz - 2.468 GHz	8,9,10,11,13,14
13	2.472 GHz	2.461 GHz - 2.483 GHz	9,10,11,12,14
14	2.484 GHz	2.473 GHz - 2.495 GHz	10,11,12,13

*Nota: No todos los canales están permitidos en todos los países [8].*

El estándar 802.11b permite un máximo de transferencia de datos de 11 Mbps en un rango de 50 metros aproximadamente en ambientes cerrados y más de 200 metros al aire libre (o incluso más que eso con el uso de antenas direccionales) [1].

**Tabla II.II Velocidades y Rangos 802.11b**

<b>Velocidad Hipotética</b>	<b>Rango (en ambientes cerrados)</b>	<b>Rango (al aire libre)</b>
11 Mbps	50 m	200m
5.5 Mbps	75m	300m
2 Mbps	100 m	400m
1 Mbps	150 m	500m

## **2.5 IEEE 802.11 g**

### **2.5.1 Descripción del estándar para redes wi-fi IEEE 802.11g**

Entre 2002 y 2003 apareció un nuevo estándar denominado 802.11g. Este nuevo estándar intenta aprovechar lo bueno de cada uno de los anteriores 802.11a y 802.11b. La 802.11g permite velocidades de hasta 54 Mbit/s y utiliza la banda de frecuencia de 2.4 GHz. Además, al trabajar en la misma banda de frecuencia, la 802.11g es compatible con la 802.11b, por lo que puntos de acceso 802.11g pueden trabajar en redes 802.11b y viceversa.

**Ventajas:** Velocidad máxima alta, soporte de muchos usuarios a la vez, rango de señal muy bueno y difícil de obstruir.

**Inconvenientes:** Alto coste y produce interferencias en la banda de 2.4 GHz.

Continuamos ahora con la trama de esta red. Aunque difiere en algunas cosas con la trama del protocolo 802.11g, el significado de los campos PLCP Preamble, PCLP Header y PSDU son similares, por lo que no vamos a entrar en detalles.

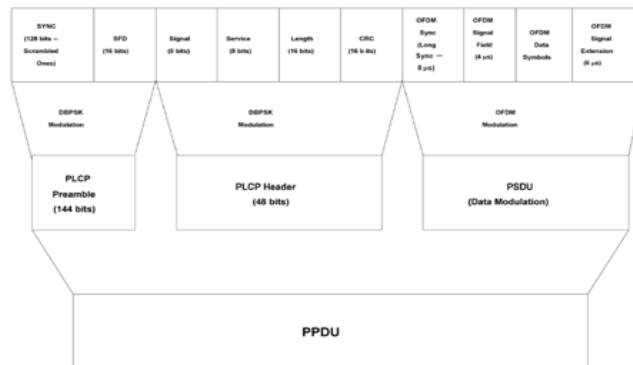


Figura II.04 Trama de Red

Podemos ver un resumen de las características de esta red.

Tabla II.III Características del Estándar 802.11g

802.11g	
Frecuencia longitud de onda	2.4GHz
Ancho de banda de datos	54 Mbps
Medidas de seguridad	WEP, OFDM
Rango de Operación óptima	50 metros dentro, 100 metros afuera
Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo	Ordenadores portátiles, ordenadores de sobremesa donde cablear entraña dificultades, PDAs. Compatible hacia atrás con las redes 802.11b



Los elementos opcionales incluidos en el estándar 802.11g son Proyecto:

- a) CCK / OFDM: un híbrido de la CCK y OFDM diseñado para facilitar el uso de OFDM forma de onda apoyando al mismo tiempo la compatibilidad con los radios CCK existentes. CCK se utiliza para transmitir el preámbulo de paquetes / encabezado y OFDM se utiliza para transmitir la carga útil. CCK / OFDM soporta velocidades de datos hasta 54 Mbps. Las distinciones entre OFDM y CCK / OFDM se explican con más detalle a continuación.
- b) PBCC: una sola compañía "" La solución de respaldo de Texas Instruments (TI). Esta forma de onda puede también ser descrito como un híbrido. Utiliza la CCK para transmitir el encabezado por porción preámbulo de cada paquete y PBCC para transmitir la carga útil. PBCC soporta velocidades de datos hasta 33 Mbps. Es importante tener en cuenta que cada dispositivo debe ser compatible con 802.11g tanto CCK y OFDM.

Aquellos que opten por aplicar soluciones 802.11g pueden incluir cualquiera de los dos elementos opcionales que aparecen arriba, o pueden optar por incluir sólo los elementos obligatorios (CCK y OFDM) y excluyen ambos opcionales elementos.

### Canales y Frecuencias

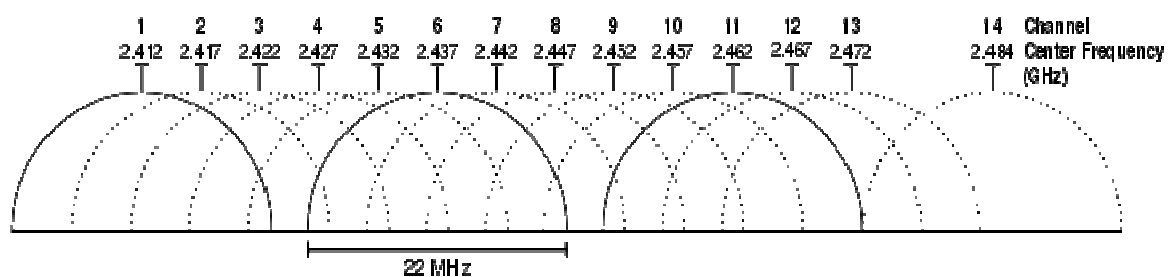


Figura II.05 Canales y frecuencias 802.11g

Tabla II.IV IEEE 802.11g canal de mapa de frecuencia

<b>IEEE 802.11g canal de mapa de frecuencia</b>			
<b>Canal</b>	<b>Frecuencia central</b>	<b>Ancho del canal</b>	<b>Se solapa Canales</b>
1	2,412 GHz	2,401 GHz - 2,423 GHz	2,3,4,5
2	2,417 GHz	2,406 GHz - 2,428 GHz	1,3,4,5,6
3	2,422 GHz	2,411 GHz - 2,433 GHz	1,2,4,5,6,7
4	2,427 GHz	2,416 GHz - 2,438 GHz	1,2,3,5,6,7,8
5	2,432 GHz	2,421 GHz - 2,443 GHz	1,2,3,4,6,7,8,9
6	2,437 GHz	2,426 GHz - 2,448 GHz	2,3,4,5,7,8,9,10
7	2,442 GHz	2,431 GHz - 2,453 GHz	3,4,5,6,8,9,10,11

8	2,447 GHz	2,436 GHz - 2,458 GHz	4,5,6,7,9,10,11,12
9	2,452 GHz	2,441 GHz - 2,463 GHz	5,6,7,8,10,11,12,13
10	2,457 GHz	2,446 GHz - 2,468 GHz	6,7,8,9,11,12,13
11	2,462 GHz	2,451 GHz - 2,473 GHz	7,8,9,10,12,13
12	2,467 GHz	2,456 GHz - 2,468 GHz	8,9,10,11,13
13	2,472 GHz	2,461 GHz - 2,483 GHz	9,10,11,12

## 2.6 IEEE 802.11n

### 2.6.1 Historia

El estándar 802.11 o WiFi es una familia de especificaciones desarrolladas por la IEEE (Institute of Electrical and ElectronicEngineers) para la tecnología de redes de área local inalámbricas, y que define el uso de los dos niveles más bajos de la arquitectura OSI (capa física y de enlace de datos).

En éste estándar se especifica una interfaz sobre el aire entre el cliente y la estación base o entre dos clientes inalámbricos. Actualmente incluye seis técnicas de transmisión por

modulación que utilizan todos los mismos protocolos. Esta familia ha desarrollado una serie de estándares, además del original (802.11), como lo son: el 802.11h, 802.11i, 802.11e y otros en evolución como 802.11r, 802.11s de los que incluso existen productos comerciales pre-estándar actualmente en el mercado. Aún así, los que más se conocen y que han sido aprobados hasta ahora son el 802.11a, 802.11b y 802.11g, los cuales están en el mercado con un gran éxito comercial.

Otro estándar del que se ha escuchado y leído bastante últimamente es el 802.11n. Éste es uno de los estándares en evolución que surge debido a la gran demanda de las WLAN (Wireless Local Area Network).

Durante la segunda mitad del año 2003 la IEEE aprueba la creación del IEEE 802.11 TaskGroup N. Éste grupo desarrollaría una nueva revisión del estándar 802.11, en el cual la velocidad real de transmisión podría llegar a los 600 Mbps (esto significa que las velocidades teóricas de transmisión podrían ser mayores), debería ser hasta 10 veces más rápida que una red bajo los estándares 802.11a y 802.11g, y cerca de 40 veces más rápida que una red bajo el estándar 802.11b. Además, con el desarrollo de éste nuevo estándar, se espera que el alcance de operación de las redes sea mayor con la incorporación de la tecnología MIMO (Multiple Input-Multiple Output), la cual permite la utilización de varios canales a la vez para enviar y recibir datos gracias a la incorporación de varias antenas.

A finales de enero del 2006 se aprobó el primer borrador del estándar y en marzo del 2007, después de un intenso debate y controversia entre todos los miembros que forman parte del IEEE, se aprobó la versión borrador 2.0, la cual también se conoce como “pre-11n”.

## **2.6.2 Qué nos lleva al 802.11n**

Obviamente, como en todos los ámbitos, siempre se quiere avanzar, ir un paso adelante y mejorar lo ya existente. En el caso del 802.11n, además de la gran demanda que tienen las redes inalámbricas por la necesidad de tener conectadas a Internet las computadoras portátiles desplazándonos libremente, existen algunos puntos que se tomaron en cuenta para el desarrollo de éste estándar como son los siguientes:

La velocidad de transmisión de las redes inalámbricas es afectada por muchas fuentes de sobrecarga.

La sobrecarga se debe principalmente a los preámbulos necesarios para cada paquete, como lo son los acuses de recibo, ventanas de contención y varios parámetros de espaciado entre tramas. Al aumentar la velocidad de transmisión estos problemas se hicieron más agudos.

La capacidad de transmisión de los datos de los sistemas no inalámbricos con respecto a los inalámbricos no es la misma, los productos de tecnología inalámbrica existentes tienen una tasa de transmisión de datos insuficiente.

La porción de datos acarreados se encogió mientras la sobrecarga permaneció fija.

### **2.6.3 Estudio Del Estándar IEEE 802.11n**

Antes de entrar en próximos apartados al estudio detallado de las mejoras del estándar IEEE 802.11n a nivel, describiremos brevemente las características más relevantes que nos permiten conseguir tasas elevadas de datos, entre otras muchas más innovaciones.

#### **Tasas de datos superiores a nivel físico**

Las tasas de datos en 802.11n son significativamente mejores sobre las conseguidas por 802.11a y 802.11g, fundamentalmente por el uso de la multiplexación espacial (MIMO) y el uso de canales de 40 MHz.

Además de estas mejoras, también se incluyen mejoras opcionales que incluyen el uso de intervalo de guarda más pequeño, el cual puede ser utilizado bajo ciertas condiciones de canal; y un nuevo formato de preámbulo llamado preámbulo Greenfield.

#### **Mejora de la eficiencia a nivel MAC**

Esta eficiencia se logra gracias a la implementación de la agregación de paquetes y mejoras en el protocolo de Block Ack (detallado en el estándar 802.11e)

También se incluyen mejoras como el protocolo de dirección inversa que proporciona una mejora de rendimiento bajo ciertos tipos tráficos y la utilización de un espacio inter-trama más pequeño (RIFS)

#### **Robustez**

Esta mejora se consigue inherentemente mediante el incremento de la diversidad espacial dado por la utilización de múltiples antenas. Otras opciones que nos brindan robustez son el

uso de la codificación STBC (Space-Time Block Coding) y un nuevo código de canal LDPC (LowDensityParityCode), entre otros más.

Finalmente, debido al gran crecimiento de la utilización de dispositivos móviles, se introduce una nueva técnica de acceso al canal llamado PSMP (Power-SaveMulti-Poll), la cual permite soportar eficientemente un mayor número de estaciones.

#### **2.6.4 Capa Física del Estándar 802.11n**

##### **OFDM**

La capa física del estándar 802.11n se desarrolló basándose en la estructura de la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) de 802.11a.

Esta elección se hizo ya que OFDM es mucho más adecuada para entornos de fading ante posibles interferencias, debido a que modula el conjunto de datos en las diferentes subportadoras y por tanto sólo se verían afectadas algunas subportadoras, las cuales luego pueden ser recuperadas mediante algún método de corrección de errores.

En la **Fig.2.5** se muestra una comparación ilustrativa entre ambos tipos de multiplexaciones.

Además, la utilización de OFDM resulta imprescindible si tenemos en cuenta que es tolerante con los errores de sincronización de tiempo, muy común en sistemas de intercambio de elevadas tasas de datos.

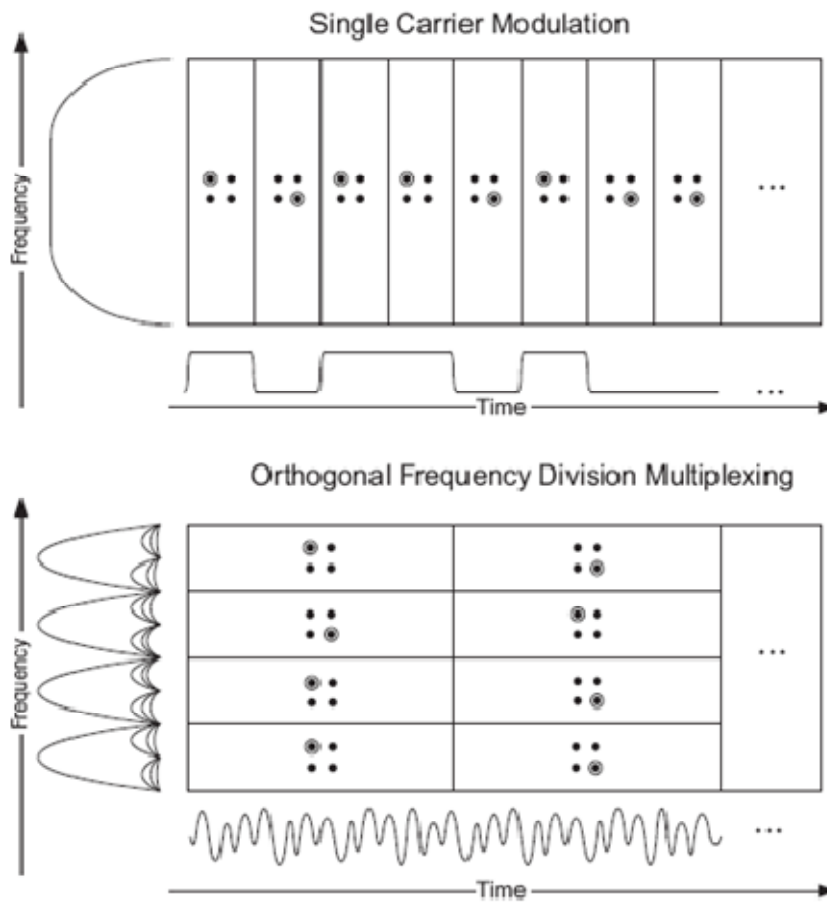


Figura II.06 Comparación entre las modulaciones: portadora única y OFDM

Para 802.11a, el tiempo de símbolo es de 4ms (incluyendo los 800ns de intervalo de guarda). Por tanto, para 54 Mbps cada uno de estos símbolos lleva 216 bits de información y 72 bits de corrección de errores repartidos dentro de las 48 subportadoras de datos disponibles.

En 802.11n, se mantiene estos 4ms de tiempo de símbolo pero el número de subportadoras para cada canal de 20 MHz aumenta a 52, incrementando la tasa de datos máxima de 54 a 65 Mbps para una transmisión radio.

Dado que 802.11n también permite la utilización de hasta 8 tasas de transmisión distintas y un número de transmisores a 4, tenemos hasta 32 tasas de datos disponibles.

Como explicaremos en próximos apartados, utilizando canales de 40 MHz aumentamos el número de subportadoras a 108.

## MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

MIMO representa el corazón del estándar 802.11n, ya que fundamentalmente a través de esta técnica se logran velocidades de hasta 600 Mbps.

Tradicionalmente, en las comunicaciones radio se utilizaba un sistema SISO (Single-Input Single-Output) en las que tanto el transmisor como el receptor estaban configuradas con una antena.

En este tipo de sistemas, la cantidad de información que puede ser transportada depende de la cantidad de potencia de señal que excede el ruido en el receptor (SNR). Mientras mayor sea el valor de SNR, mayor será la cantidad de información que podrá llevar la señal y podrá recuperar el receptor.

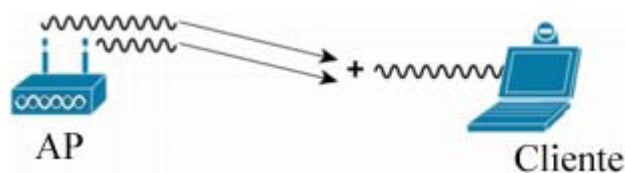
MIMO describe un sistema compuesto por un transmisor con múltiples antenas que transmite a un receptor el cual también está provisto de múltiples antenas. Este sistema aprovecha fenómenos físicos en la transmisión como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir considerablemente la tasa de transmisión (contraproducentes en un sistema SISO convencional).

A continuación describiremos algunas técnicas que hace servir MIMO para mejorar el SNR en el receptor.

### ***TransmitBeamforming***

Esta técnica consiste en enviar diversas señales de radio desfasadas desde múltiples antenas que luego son luego añadidas en una única señal por el receptor; la **FigII.07** muestra un ejemplo de esta técnica.

Al transmitir con más de una antena es posible coordinar la señal que se envía desde cada una de ellas, consiguiendo mejorar notablemente la señal recibida.



**Figura II.07** Representación del sistema TransmitBeamforming

Debido a que cada señal es enviada desde una distancia diferente desde cada antena, es probable que cada una de ellas llegue al receptor con una determinada fase. Esta diferencia en fase afecta a la potencia total de la señal en el receptor, pero ajustando adecuadamente la



fase de cada una de las señales en el transmisor, la señal recibida puede aumentarse, incrementando así el SNR.

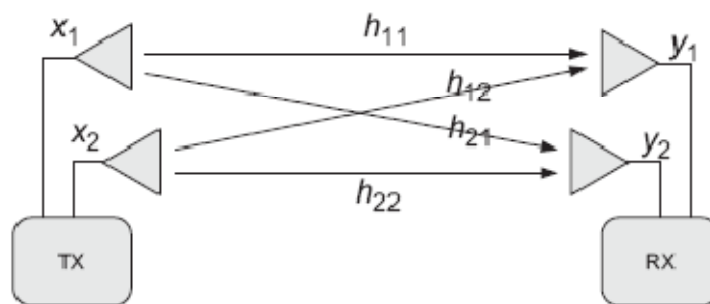
Para aumentar la señal en el receptor e implementar esta técnica, es necesario que el receptor envíe al transmisor información relacionada con la señal a recibir para que éste pueda sintonizar cada señal que envíe. Esta información no se envía inmediatamente y tiene una validez efímera ya que cualquier movimiento del transmisor o receptor, puede invalidar inmediatamente los parámetros usados.

Esta técnica es útil sólo cuando se transmite a un único receptor, ya que no es posible optimizar la fase de las señales transmitidas cuando se transmite a varios receptores (broadcast o multicast); siendo especialmente eficaz en entornos donde hay algunos objetos reflectivos que puedan causar pérdidas.

### ***SDM (Spatial Division Multiplexion)***

Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales, transmitiéndose desde múltiples antenas. Si estas señales llegan con una correcta separación de tiempo, el receptor será capaz de distinguir las creando múltiples canales en anchos de banda mínimos.

Como se muestra en la **Fig.II.08**, con MIMO/SDM la tasa de datos del sistema aumenta con el número de flujos de datos independientes; por ello, el número de antenas transmisoras/receptoras debe ser mayor o igual al flujos de datos.



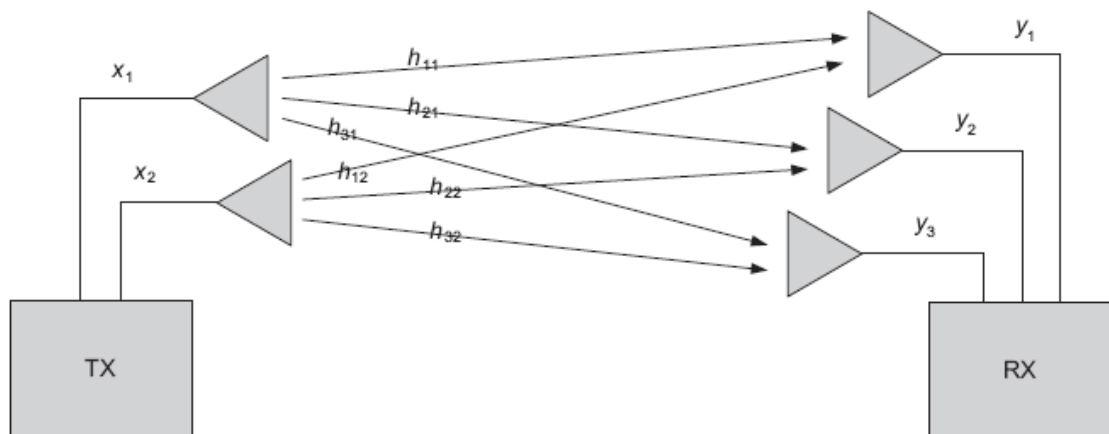
**Figura II.08 Representación del sistema MIMO/SDM**

Cuando una señal viaja por diferentes caminos hacia un único receptor, el tiempo que tarda en llegar a su destino depende de la longitud del camino que recorre. La señal que viaja por el camino más corto llegará primera, seguida de las copias o ecos de las señales ligeramente retrasadas de los caminos más largos. Dado que éstas viajan a la velocidad de la luz, el tiempo

transcurrido entre la primera señal y las siguientes es de sólo nanosegundos; por lo que esta demora tan pequeña puede causar una degradación de la señal en una sola antena, ya que todas las copias pueden interferir con la primera al llegar.

MIMO envía múltiples señales radio al mismo tiempo aprovechando el multicamino. Cada una de estas señales es llamada flujo espacial. Cada flujo espacial es enviado desde su propia antena, usando su propio transmisor. Debido al espacio entre cada una de las antenas, cada señal sigue ligeramente un camino distinto hacia el receptor (diversidad espacial) El receptor dispone de múltiples antenas, cada una de ellas con su propia radio, las cuales decodifican independientemente las señales recibidas; donde a continuación son combinadas en una sola. El resultado de esta señal es mucho mejor que el de conseguido por una sola antena o utilizando la técnica de transmitbeamforming.

Los sistemas MIMO se describen utilizando el número de transmisores y receptores presentes, por ejemplo en la **FigII.09** se muestra un sistema MIMO: “2X3” (2 transmisores y 3 receptores)



**Figura II.09 Sistema MIMO “2x3”**

La ganancia de SNR de los sistemas 2x1 a 2x2 y 3x2 es claramente mayor a la conseguida por cada paso a partir del sistema 3x3 en adelante.

## ANCHOS DE BANDA DE CANAL: 20- 40 MHZ

Además de la introducción de la tecnología MIMO, el nuevo estándar IEEE 802.11n añade una de las mejoras más significativas a nivel radio para alcanzar velocidades de transmisión elevadas, hablamos del incremento del ancho de banda de canal a 40 MHz.

El ancho de banda del canal es una medida importante para cuantificar la eficacia de la radio, conocida como eficiencia espectral y medida en bitz/Hz.

Dado que 802.11a y 802.11g utilizan el mismo ancho de banda de canal de 20 MHz, se aprovecha una técnica llamada channelbonding (canal envolvente) para conseguir utilizar dos canales a la vez, obteniendo un único canal de 40 MHz y velocidades de hasta 108 Mbps.

Cuando se utiliza el canal de 40 MHz, se aprovecha que cada canal de 20 MHz tiene reservados algunas frecuencias al inicio y fin del canal (para evitar interferencias entre canales adyacentes) con el fin de utilizarlas para llevar información, aumentando considerablemente la tasa de datos.

### **Canal de 40 Mhz**

El rango de frecuencias diseñado para 40 Mhz abarca sitio para 128 subportadoras, utilizando un espacio entre ellas de 311,5 Khz, el mismo que el utilizado en 20Mhz.

Al inicio y fin del canal, dejamos una banda de guarda de 6 y 5 subportadoras nulas, respectivamente (-64 a -58 y 59 a 63). Además, se añaden 3 subportadoras nulas alrededor de la banda base (-1, 0 y 1) para facilitar la implementación en los receptores del directdownconversion; sumando así hasta 14 subportadoras nulas (3 más que 20 Mhz).

Como se ilustra en la **Fig II.10**, de estas 114 subportadoras disponibles, se utilizan 6 subportadoras como pilotos (sincronización) con cual tendríamos finalmente 108 subportadoras para datos, más del doble de las utilizadas en los 20Mhz (52 en 802.11n y 48 de 802.11a)

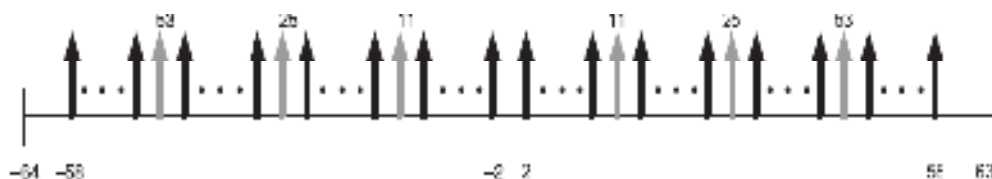


Figura II.10 Diseño de subportadoras en canal 40Mhz

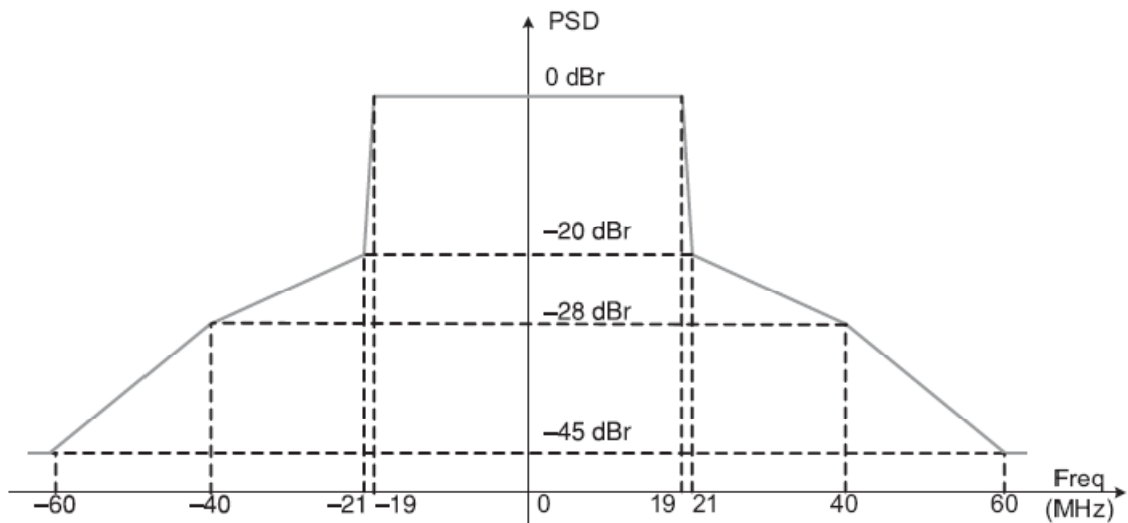


Figura II.11 Máscara espectral del canal 40Mhz

Con este nuevo diseño de subportadoras para el ancho de banda se hace imprescindible una nueva máscara espectral que se muestra en la **FigII.11**, siendo una de las premisas de su diseño que la interferencia de canal adyacente frente a dispositivos vecinos de 40 Mhz, sea la misma que frente a dispositivos de 20 Mhz.

Cuando dos dispositivos de 40 y 20 Mhz se encuentran en canales adyacentes, el dispositivo de 20 Mhz experimenta una mayor interferencia co-canal que frente a si se encontrase con otro dispositivo de 20 Mhz.

Como se muestra en la **FigII.12**, la interferencia entre las máscaras de espectro de 40 Mhz y 20Mhz se produce entre los niveles -20 y -28 dBm del espectro de 20 Mhz, la cual no puede ser filtrada. En cambio, la interferencia entre 20 Mhz, se produce entre los niveles -20 y -45 dBm del mismo espectro de 20 Mhz.

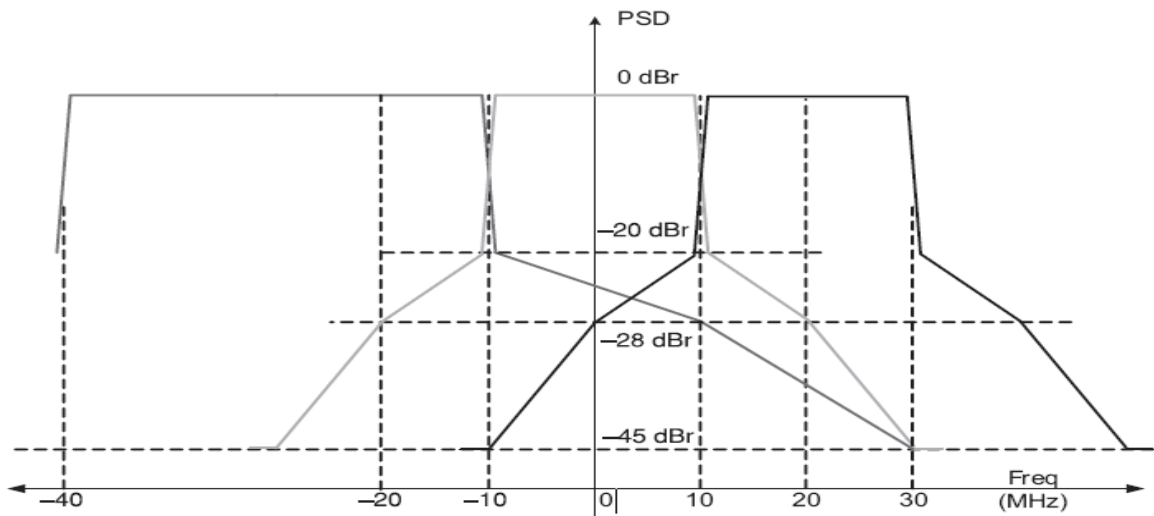


Figura II.12 Interferencia co-canal entre canales de 20 y 40Mhz

Otro de los aspectos a tener en cuenta con la interferencia co-canal es la potencia relativa entre la señal de interés y la interferencia; ya que con la utilización del espectro de 5Ghz, muchos dispositivos que trabajen en esta frecuencia son capaces de colocar espacialmente cerca puntos de acceso en canales no adyacentes. Por esta razón, los puntos de acceso ubicados en canales adyacentes tienen una separación espacial mayor y la interferencia es mucho menor.

El canal de 40 Mhz está especificado por dos campos: *Nprimary\_ch* y *Secondary*. El primero representa el número de canal del canal primario de 20 Mhz. Este canal es el por el cual el AP transmite todas las tramas de control y administración del entorno combinado de 20 y 40 Mhz. En este mismo entorno, todos los clientes de 20 Mhz sólo se asocian al canal primario ya que el beacon es transmitido sólo en este canal.

El segundo campo indica si el canal secundario de 20 Mhz está por encima o debajo del canal primario (1: encima, -1: debajo). El número de canal secundario es equivalente a:

$$\text{Nº canal secundario} = \text{Nprimary\_ch} + \text{Secondary} * 4$$

lo cual especifica el uso del canal 36 para el canal primario y el canal 40 para el canal secundario.

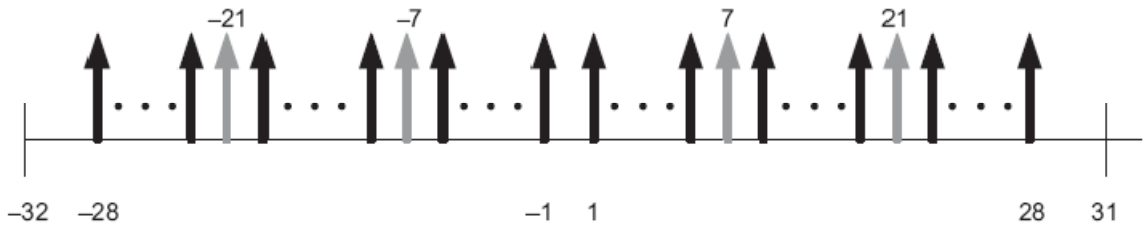
Los canales de 20 Mhz no se superponen en la banda de 5Ghz, lo cual permite la coexistencia e interoperabilidad entre dispositivos de 20 y 40 Mhz, por lo que los canales de 40 Mhz incorporan la misma filosofía.

Sin embargo, en la banda de 2,4 Ghz los canales se superponen; con lo que para mejorar el ajuste de la selección de canales de 40 Mhz, los canales de 40 Mhz en esta banda también se superponen.

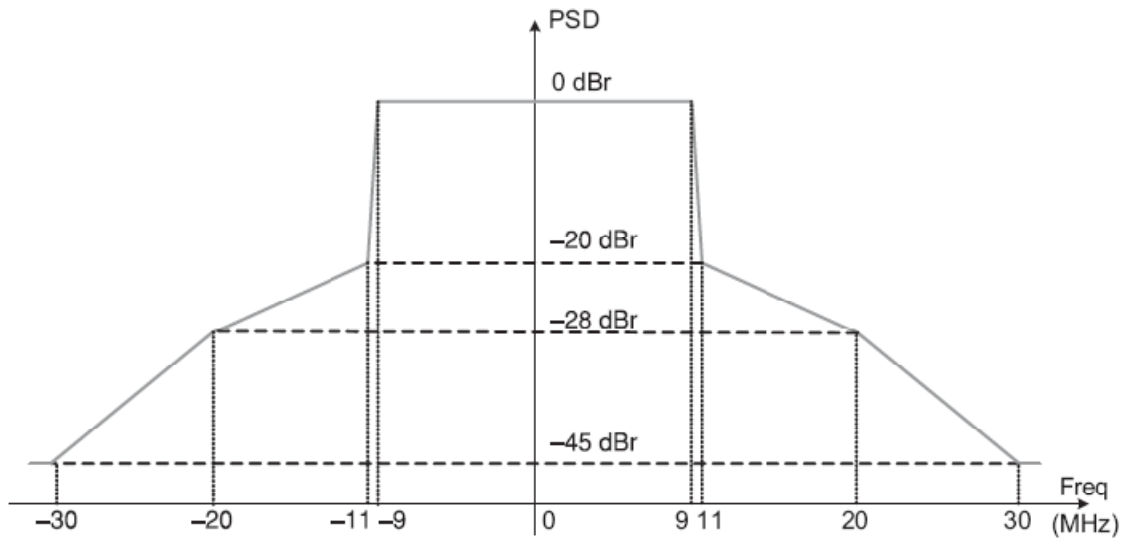
**Canal de 20 Mhz**

Como se muestra en la **FigII.13**, una de las mejoras que incorpora 802.11n respecto al canal de 20 Mhz es el aumento del número de subportadoras de datos a 52 (2 subportadoras al inicio y fin del canal). Estas subportadoras de datos ocupan las ubicaciones de -28 a -22, -20 a -8, -7 a -1; 1 a 6, 8 a 20, y 22 a 28, y las subportadoras piloto ocupan el mismo sitio que en 802.11a -21, -7, 7 y 21.

Con el fin de mejorar la interferencia co-canal, se ajustó la máscara espectral de 802.11a hasta los -45 dBr, la cual puede verse en la **Fig II.14**.



**Figura II.13** Diseño de subportadoras en canal de 20 Mhz



**Figura II.14** Máscara espectral de canal 20 Mhz

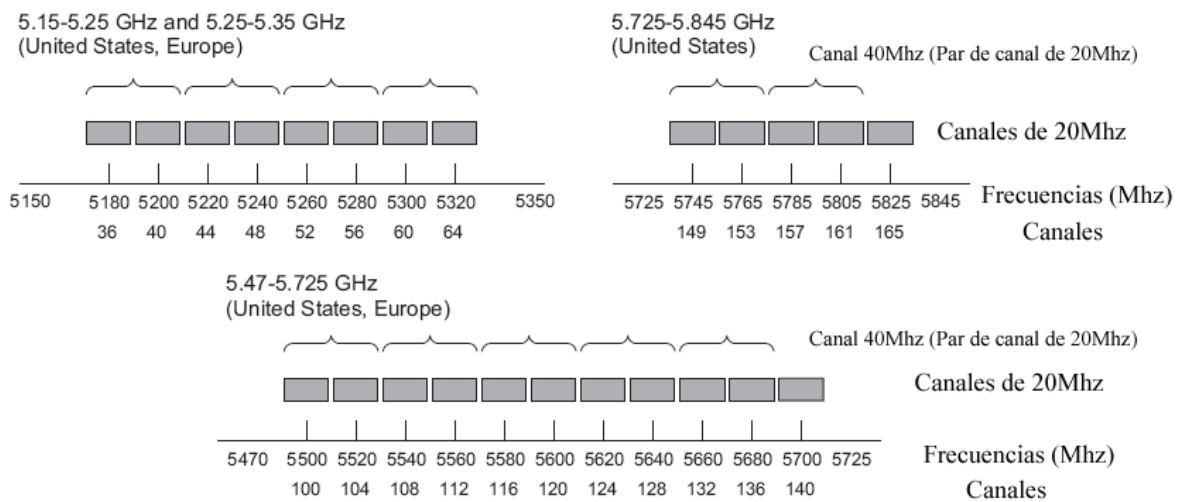
### Operación de los canales de 20/40 Mhz

#### ➤ En las bandas de 5 Ghz.

Para la operación de 20/40 Mhz se utilizan dos canales adyacentes de 20 Mhz uno de los cuales es designado como canal primario y el otro como canal secundario.

Comparado respecto al canal de 2,4 Ghz, estas bandas tienen mayor ancho de banda por lo que los canales de 40 Mhz son más fáciles de colocar. Por este motivo, esta banda es la preferida para la operación de los canales de 40 Mhz, sobretodo cuando se despliegan una gran cantidad de puntos de acceso.

En la **FigII.15** se representa la coexistencia entre los canales de 20 y 40 Mhz en la banda de 5 Ghz.



**Figura II.15** Coexistencia en la banda de 5 Ghz

#### En la banda de 2,4 Ghz.

La operación en esta banda es más complicada debido a la limitación del espectro disponible, la sobreposición de canales y la operabilidad de los dispositivos 802.11b y 802.11g en esta banda.

La banda de 2,4 Ghz está compuesta por canales espaciados entre sí en 5 Mhz. La mayor cuestión con la operación de canales de 40 Mhz en esta banda es la coexistencia entre BSSs colindantes, en uno o más de estos canales usados.

Para explicar mejor esta situación, en la figura siguiente se muestran opciones de coexistencia entre canales vecinos de 40 y 20 Mhz en los canales 1, 6 y 11 como la representada en la **Fig II.16**

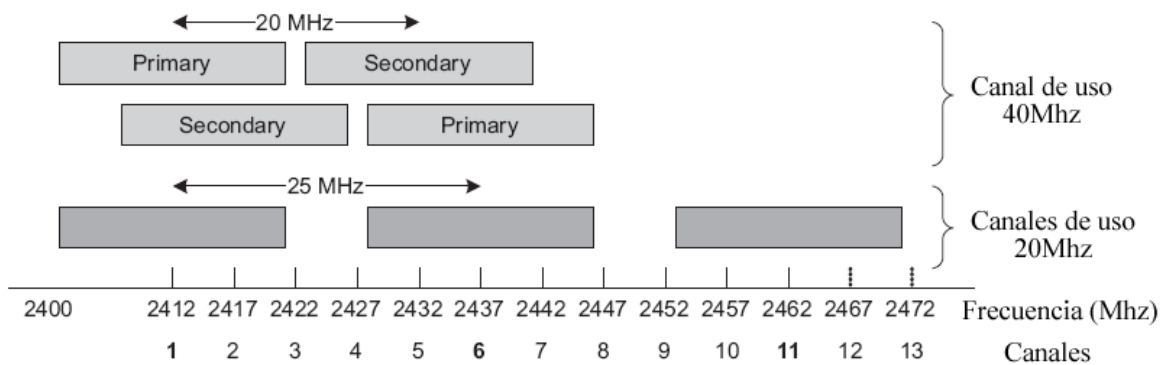


Figura 2II.16 Coexistencia en la banda de 2,4 Ghz

Si el BSS vecino se encuentra en sólo dos de los canales usados, es posible seleccionar los canales primario y secundario de tal forma que el canal primario coincida con uno de los canales usados, y el secundario ocupe el espectro en los canales no utilizados.

### PREÁMBULO GREENFIELD (GF)

Durante el desarrollo del estándar 802.11n, muchos opinaron que debería trabajarse en un preámbulo más eficiente bajo ciertas condiciones de red. Por esta razón se adoptó un formato de preámbulo sin los campos comunes, de tal forma que no fuese compatible.

Los entornos en los cuales no se requiera una compatibilidad con otros estándares son conocidos como despliegues "Greenfield".

Los propulsores del formato del preámbulo GF, propusieron finalmente que también se usase este preámbulo en presencia de dispositivos no compatibles, ya que si el acceso al medio es controlado a través de mecanismos de protección MAC dentro tiempo de reserva (por ejemplo RTS/CTS), entonces no es necesaria esta compatibilidad. De esta forma, reducimos el overhead en el tiempo de reserva.

Los beneficios de la utilización del preámbulo GF pueden ser considerables en entornos con tasas de datos altas y paquetes pequeños como VoIP.

De cualquier forma, GF está incluido en el estándar 802.11n como un formato de preámbulo opcional, ya que durante su desarrollo, muchos detractores argumentaron que no ofrecía mejoras de eficiencia en redes pequeñas y que supusiese una carga añadida en la autodetección de múltiples tipos de preámbulo.



### Intervalo de guarda pequeño (Short GI)

El intervalo de guarda que forma parte del símbolo OFDM es utilizado para minimizar la interferencia intersimbólica (ISI). Esta interferencia se da principalmente en entornos multicamino, donde el inicio de un nuevo símbolo llega al receptor antes de que sea entregado el último símbolo; reduciendo el SNR efectivo.



Figura II.17 Representación del Intervalo de Guarda

Como se muestra en la **FigII.17**, el intervalo de guarda (GI) es un periodo fijo entre símbolos que permite la correcta llegada de los símbolos más tardíos; el cual está fijado en 800 ns.

En casos en los cuales no haya una distancia considerable entre transmisor y receptor, 802.11 permite la utilización de un intervalo de guarda de 400 ns. Esto permite la reducción del periodo de símbolo a 3,6 ms, incrementando así un 11% las tasas de datos.

En cualquier caso, la utilización del GI pequeño es sólo seleccionada si se alcanza una tasa de datos elevada con GI.

### CÓDIGO DE VERIFICACIÓN DE PARIDAD DE BAJA DENSIDAD (LDPC)

Este modo opcional introducido por 802.11n, el cual consiste en una clase especial de códigos lineales de bloque. El término de “baja densidad” hace referencia a que este código de verificación, utiliza muchos 0s y pocos 1s en la matriz de verificación de paridad.

Los pasos iniciales para generar la palabra código incluyen seleccionar su tamaño y determinar el número de ellas. A continuación, se calcula el conjunto de bits acortados y generando los bits de paridad; y si fuese necesario, puntualizar o repetir todo el proceso.

Uno de los pasos clave en esta codificación es el proceso de montaje de los bits útiles en un número entero tanto de símbolos OFDM como palabras código LDPC. Parte de este proceso es determinar cuál de los 3 tamaños de palabra código LDPC usar (648, 1296 o 1944 bits).

Cada palabra código LDPC contiene los bits de información y paridad. El número de bits de información es determinado basándonos en la tasa de código del MCS seleccionado. Por ejemplo, si utilizamos una palabra código de 1944 bits y un MCS con una tasa de codificación de 5/6, el número de bits de información será 1620 y los bits de paridad, 324.

### **2.6.5 Capa MAC del Estándar 802.11n**

Desde el inicio del proceso de la estandarización de 802.11n, se reconoció que el aumento de las tasas de datos a nivel físico, el overhead a nivel MAC provocaría que sin mejoras en esta capa, los usuarios se beneficiasen muy poco de las mejoras en la capa física.

La capa MAC provee funciones de control de acceso al medio como la coordinación de acceso direccionamiento, seguridad, etc. que unidas a las mejoras (principalmente QoS), permiten que el rendimiento del estándar aumente considerablemente

Las mejoras MAC descritas en el nuevo estándar estuvieron basadas en mejorar algunas características introducidas por primera vez en el estándar 802.11e.

Como se muestra en la **FIG II.18**, una de las mejoras fue la de reducir el intervalo entre tramas para las transmisiones que utilizaban el mecanismo Block Ack, ya que el SIFS actual no era necesario para que el receptor pueda reensamblar la señal recibida.

Otras de las mejoras introducidas fue la de concatenar la trama BAR con las tramas de datos, de tal forma que mejoremos la eficiencia MAC ligeramente.

Finalmente, se mejoró el mecanismo de fragmentación, haciendo posible reducir el tamaño de la trama BA para poder conseguir confirmar un paquete MSDU completo y no sus fragmentos.

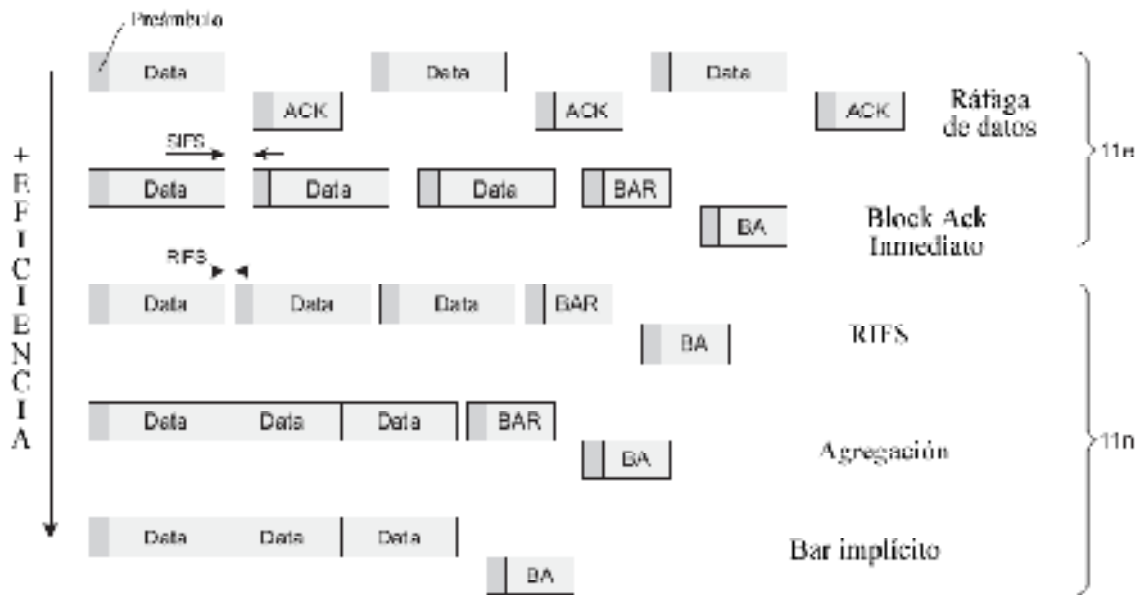


Figura II.18 Diagrama de las mejoras introducidas respecto al estándar 802.11e

## AGREGACIÓN

Con el fin de reducir el overhead asociado con el preámbulo y los campos de la trama MAC, 802.11n introduce la agregación de paquetes. Para ello, se propusieron dos técnicas, ilustradas en la Fig. II.19:

- **A-MSDU (MSDU agregada):** efectuada al inicio de la capa MAC, la cual agrega MSDUs como primer paso en la formación de la MPDU.
- **A-MPDU (MPDU agregada):** efectuada al final de la capa MAC, agrega múltiples MPDUs para formar PSDU que será luego pasado a la capa PHY para formar el payload para la transmisión.

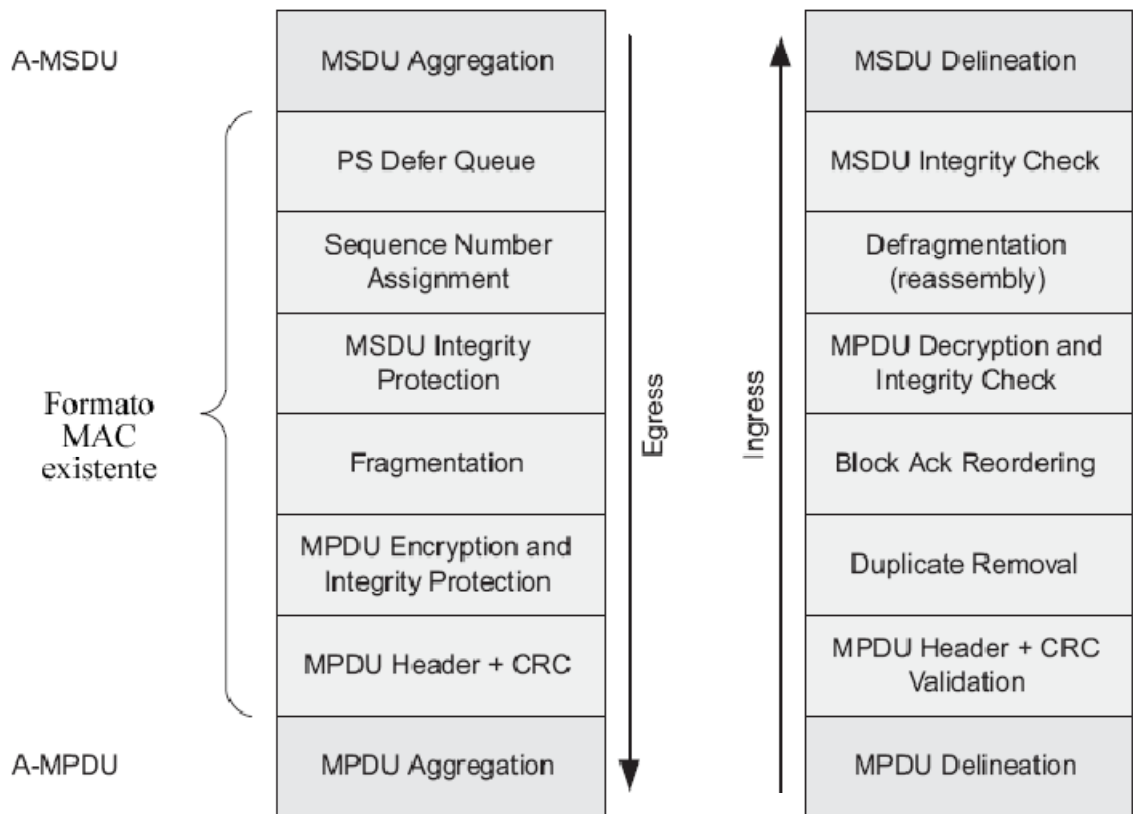


Figura II.19 Agregación A-MSDU y A-MPDU

**A-MSDU (MAC Service Data Units agregada)**

A-MSDU permite la agregación de múltiples tramas Ethernet con un destino común y las ensambla en una única trama 802.11 para transmitirla

Este mecanismo es el más efectivo de los dos propuestos en la agregación ya que está basado en el hecho de que el formato original de la trama es Ethernet, cuya cabecera es más pequeña en comparación a la de 802.11.

Con este mecanismo, los MSDUs recibidos desde la capa LLC y, destinadas al mismo receptor y de la misma categoría de servicio (identificados con el mismo TID), pueden ser acumulados en un único MPDU

La **Fig II.20** muestra el encapsulamiento realizado por A-MSDU, donde la máxima longitud que puede recibir una estación es detallada en la información de Capacidades HT, tomando el valor de 3839 ó 7935 bytes.

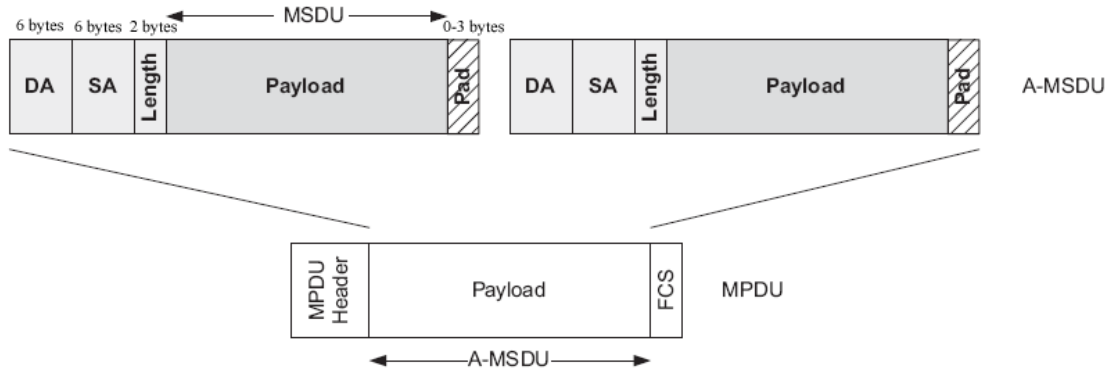


Figura II.20 Encapsulamiento A-MSDU

**A-MPDU (MAC Service Data Units agregada)**

Este mecanismo es un poco distinto al A-MSDU, ya que en lugar de coleccionar tramas Ethernet, traduce cada trama Ethernet a formato 802.11 para luego ser recogidas hacia un destino común sin requerir ensamblarlas.

Todas las tramas MPDU son lógicamente agregadas al inicio de la MAC; para ello se antepone a cada una de esas tramas un pequeño delimitador y un campo de padding; siendo luego agregadas a la capa física como PSDU para la transmisión como un único PPDU (Fig. II.21).

Todas las tramas MPDU en un A-MPDU son enviadas al mismo receptor y una misma Categoría de Servicio (mismo TID)

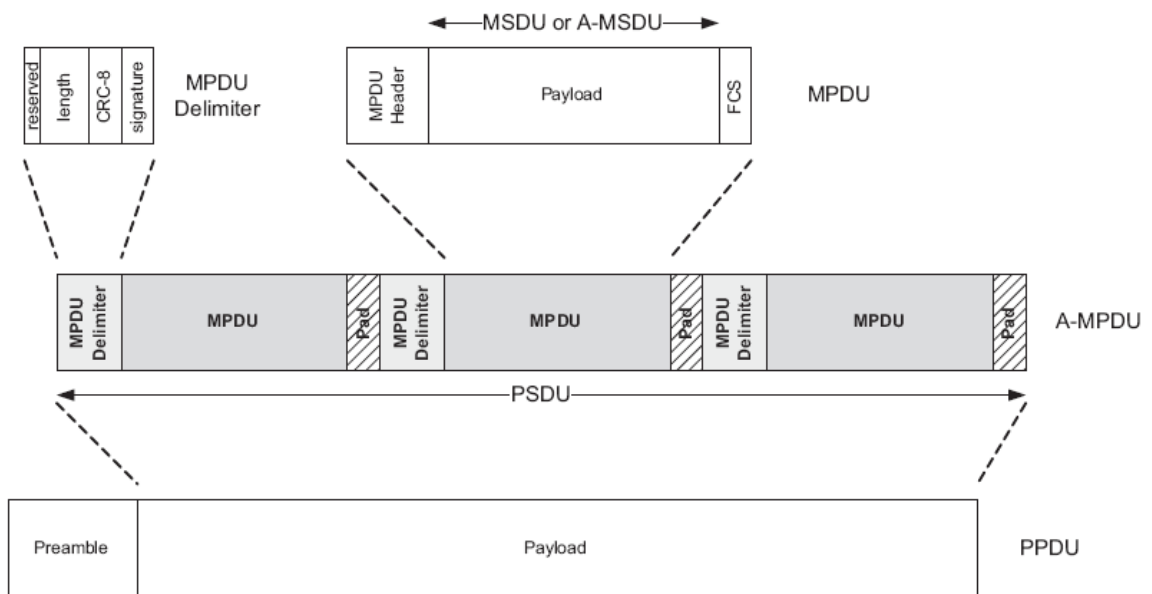


Figura II.21 Encapsulamiento A-MPDU

## **BLOCK ACKNOWLEDGEMENT**

Este mecanismo fue introducido en el estándar 802.11e para mejorar la eficiencia, permitiendo la transmisión de un conjunto de tramas de datos que son confirmadas con una única trama BA, en vez de una BA para cada trama de datos transmitida con éxito.

A continuación, mostraremos las variantes introducidas en el nuevo estándar con el fin de aprovechar el uso de la agregación y las tasas altas de datos.

### ***BA Inmediato HT***

Este mecanismo supone una modificación importante respecto al original, por lo que se mantiene como un mecanismo separado para mantener la compatibilidad con dispositivos estandarizados.

#### ➤ **Policía de Normal ACK en la agregación.**

El mecanismo introducido en 802.11n adapta el mecanismo original DATA/ACK a la agregación, por lo que es necesaria la presencia de un control de policía en las tramas de datos QoS en la transmisión agregada.

Si una o más tramas MPDU agregadas tienen el campo AckPolicy como Normal ACK, entonces el receptor deberá retornar una trama BA como respuesta al agregado.

El uso de un control de policía Normal ACK para solicitar una trama BA, no elimina la necesidad de la trama BAR, ya que ésta realiza dos funciones esenciales: solicitar una respuesta BA y vaciar las tramas MSDUs en el buffer de re-ordenación mantenidos como consecuencia de un MSDU anterior incompleto.

Si el emisor no recibe una confirmación ACK de una trama MSDU cuyo “tiempo de vida” haya expirado, entonces ha de enviar una trama BAR que vacíe del buffer de reordenación todas las tramas MSDUs subsecuentes a la trama expirada.

En la **Fig II.22** se muestra como la trama “3” no es recibida correctamente, por lo que se aplica el mecanismo de reordenación.

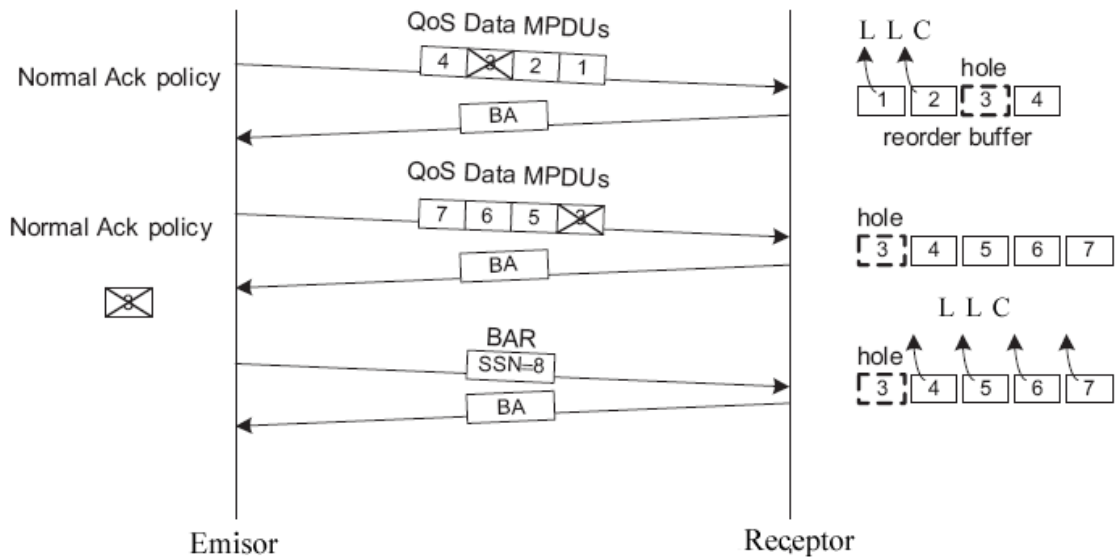


Figura II.22 Mecanismo de reordenación

➤ **Secuencias TXOP**

A continuación en la **Fig II.23**, se muestran unas secuencias utilizadas bajo HT BA inmediato. El TXOP comienza con el intercambio de un RTS/CTS con el fin de brindar mayor protección.

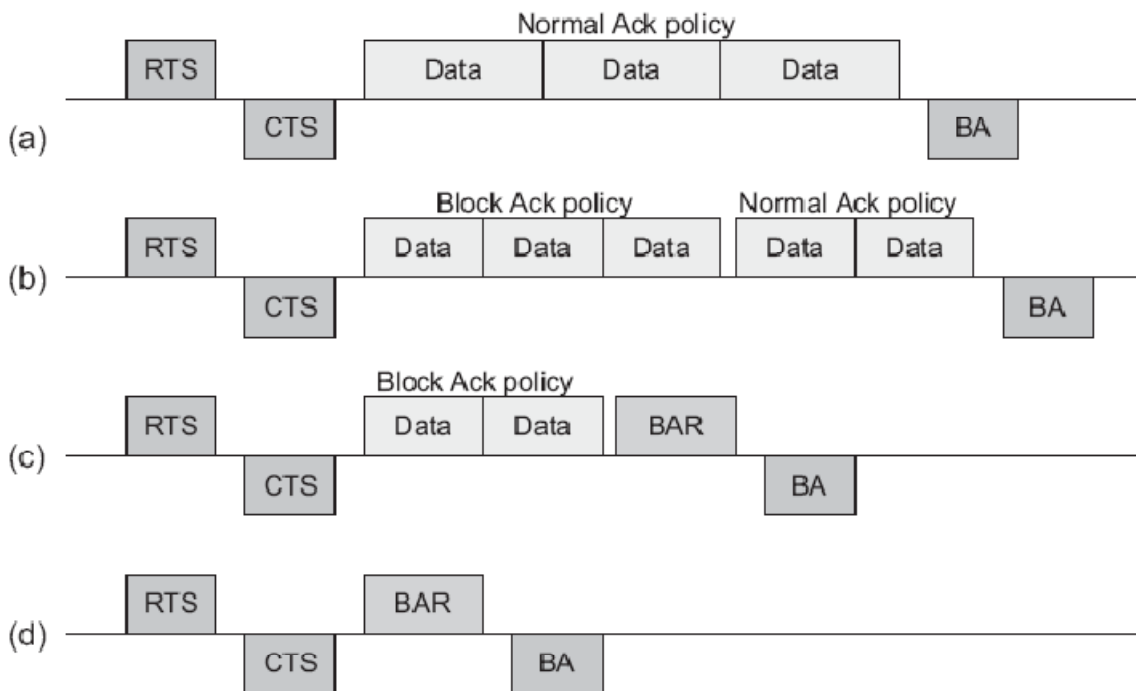


Figura II.23 Secuencias HT BA inmediato

- a) Una trama agregada única es realizada con el parámetro de control de policía ACK como Normal ACK en las tramas MPDUs que la conforman.
- b) Esta secuencia es similar excepto que 2 transmisiones agregadas son enviadas una detrás de la otra como una ráfaga. Esta secuencia mejora la robustez ya que en el caso de que una trama sea demasiado larga y sujeta a posibles cambios rápidos en las condiciones del canal, haciéndose necesaria la estimación de nuevo canal. Para ello, el primer agregado se envía con control de policía Block ACK, y el segundo como Normal ACK para solicitar un BA.
- c) Esta secuencia es utilizada cuando una trama MSDU es descartada debido a la expiración de su tiempo de vida; por lo que se hace necesaria la trama BAR para liberar todas las demás MSDUs del buffer de reordenación. Este caso, las tramas están disponibles y pueden enviarse antes de la trama BAR; para ello, el agregado debe enviarse con un control de policía BA.
- d) Esta secuencia muestra como la trama BAR puede enviarse separada de los datos para conseguir una mayor optimización.

#### ***BA retrasado HT***

Este mecanismo es una extensión del protocolo de BA retrasado que se diferencia del estándar en la forma en la que son confirmadas las tramas BA y BAR.

Bajo este mecanismo, las tramas BAR y BA transportan un control de policía BAR Ack y BA Ack, respectivamente, Este campo es cambiado a 1, indicando que el receptor de la trama no debe retornar una respuesta ACK.

#### **➤ Secuencias TXOP**

Al igual que sucedía con el mecanismo de BA inmediato, el TXOP comienza con el intercambio de un RTS/CTS o DATA/ACK. Este mecanismo permite que el TXOP sea utilizado para confirmar las tramas totalmente que se envían del emisor al receptor.

En la **Fig II.24**, se muestran unas secuencias utilizadas bajo HT BA retrasado:

- a) En esta secuencia, el emisor envía una trama agregada con BA Ack seguido de una trama BA.
- b) En esta se muestra como una trama BA puede enviarse junto a las tramas de datos utilizando el protocolo de dirección invertida.
- c) En la última secuencia, se muestra como reduciendo la robustez podemos enviar las tramas de datos junto con las tramas BAR y BA



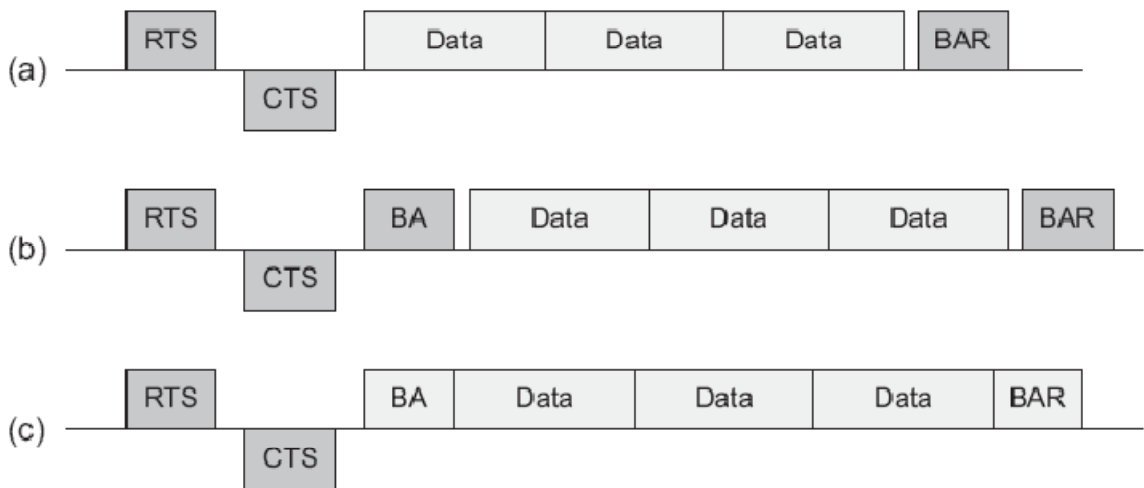


Figura II.24 Secuencias HT BA retrasado

### PROTOCOLO DE DIRECCIÓN INVERSA

Muchas de las aplicaciones están pensados en un intercambio de tráfico asimétrico, como por ejemplo FTP o HTTP, ambos sobre el protocolo TCP. En este escenario, se transportan paquetes de datos TCP de gran tamaño desde el emisor al receptor; mientras que en dirección opuesta, se transportan pequeños paquetes ACK. Esto supone que la utilización de TXOPs en una dirección sea mucho mayor que en la dirección opuesta.

A continuación en la **Fig II.25** podemos observar el envío de tramas MSDU utilizando funcionamiento normal y aplicando el mecanismo de dirección inversa.

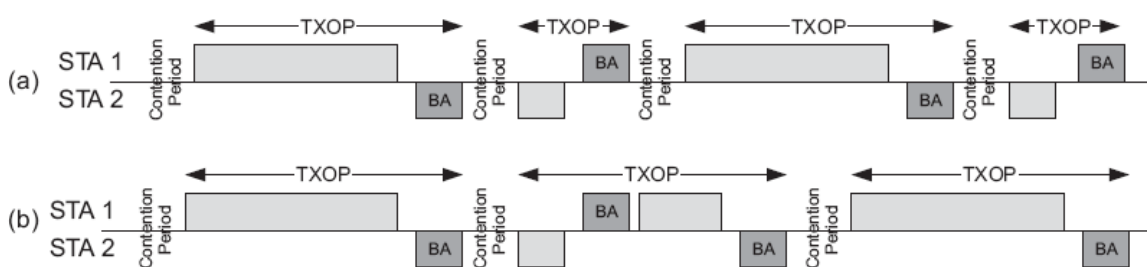


Figura II.25 TXOP (a) sin y (b) con el protocolo de dirección inversa

El protocolo de dirección inversa es una característica opcional que permite ceder el resto de la utilización de un TXOP a otra trama. El overhead asociado a periodo de contención y el intercambio RTS/CTS al inicio del TXOP son amortizados con una eficiente utilización del TXOP.

En un EDCA - TXOP, todas las tramas de datos pertenecen a una misma AC tanto en el emisor como el receptor. El TID en las MPDUs indica a que AC pertenecen, por lo que si se transporta un RDG (Reverse DirectionGrant) el AC será el de mayor prioridad (AC=3)

En un HCCA – TXOP, el inicializador RD (Reverse Direction) determina si esta función está limitada o no en función del AC a la que pertenezca.

### **PMSP (AHORRO DE ENERGÍA MULTIENCUESTA)**

Esta técnica introducida en este nuevo estándar permite optimizar el acceso al canal de los dispositivos que transmiten y reciben pequeñas cantidades de datos periódicamente y que necesitan mantener inactiva su interficie de comunicación con el fin de ahorrar energía.

PMSP provee una pequeña mejora en la utilización del canal para y el ahorro de energía sobre técnicas como el HCCA y el APSD (AutomaticPowerSaveDelivery). PMSP utiliza una única trama PMSP para registrar múltiples estaciones en lugar de la trama CF-Poll de HCCA, logrando una ligera mejora en ciertos escenarios.

El acceso al canal es optimizado agrupando las transmisiones de bajada como en una ráfaga y programando las de subida para que se transmitan continuamente una detrás de otra.

PMSP optimiza el consumo de energía a través de la programación del inicio de fase PMSP en el enlace de bajada y subida, de modo que las estaciones puedan desactivar sus receptores o transmisores hasta que sea necesario, respectivamente.

Como se muestra en la **Fig. II.26**, la secuencia empieza con una trama PMSP que contiene el registro para la próxima transmisión de bajada y subida. Tras recibir esta trama, una estación sólo necesita estar “despierta” un periodo de tiempo PMSP–DTT (PMSP DownloadTransmission Time) y PMSP–UTT (PMSP UploadTransmission Time), respectivamente.

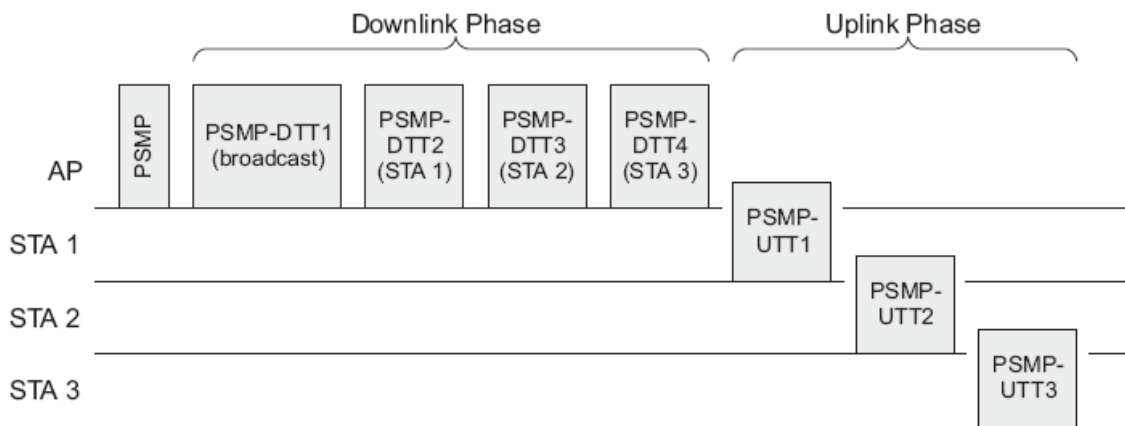


Figura II.26 Secuencia PMSP

Durante la fase de bajada, las tramas PPDU como una ráfaga continua separadas por un intervalo de tiempo SIFS o RIFS.

Un PMSP-DTT puede contener una o más PPDU, en las cuales las tramas MAC que transportan pueden estar dirigidas a una estación específica.

Una estación que tenga una o más tramas para transmitir, comenzará su transmisión al inicio del PMSP-UTT. Las PMSP-UTT estarán separadas por un intervalo de tiempo SIFS o UISTime (utilizado en RIFS y más pequeña que SIFS).

### 2.6.6 Rendimiento

El estándar de mayor velocidad actualmente en uso, 802.11g, fue ratificado hace tiempo, en 2003, y resulta ya claramente insuficiente para soportar las demandas de ancho de banda requeridas por las nuevas aplicaciones.

Por ejemplo, el streaming de vídeo –ya sea utilizado para la reproducción de una película en casa o para una sesión de videoconferencia en la empresa- es una proposición bastante arriesgada para 802.11g. Aunque los productos “g” tienen una velocidad máxima de rendimiento teórico de 54 Mbps, en la práctica soportan la mitad de este ancho de banda, o incluso menos, lo que resulta claramente insuficiente para el soporte de vídeo de calidad.

Hoy en día la mayoría de los productos de redes inalámbricas (WLAN- Wireless LAN) desplegados se basan en las especificaciones 802.11 b y g. La norma 802.11n constituye el siguiente paso, diseñado para elevar la velocidad de las WLAN de máximos teóricos de 600 Mbps. El estándar aún está pendiente de aprobación definitiva, pero ya existen diversos

productos que cumplen con su primer borrador y alcanzan máximos de 300 Mbps. De hecho, la necesidad de productos de mayor ancho de banda es tan acuciante que Wi-Fi Alliance, encargada de probar y certificar la interoperatividad multifabricante Wi-Fi, ha creado un sello específico para garantizar la compatibilidad con el segundo borrador de 802.11n (802.11n Draft 2).

El rendimiento, ha sido uno de las principales desventajas tradicionales de las redes Wi-Fi frente a las redes Ethernet cableadas; así, en este momento, cuando Wi-Fi aún sólo puede ofrecer de manera estandarizada 54 Mbps, Ethernet sobre cable soporta ya 10 Gbps por segundo y está en camino el estándar a 100 Gbps. Pero no la única. La seguridad y el alcance también han representado importantes inconvenientes, actuando en muchos casos como inhibidores para un más amplio despliegue de Wi-Fi. Por eso, en 802.11n, además de al rendimiento, se ha prestado especial atención al incremento de la cobertura. En lo que respecta a la seguridad, el nuevo estándar no aportará nuevas capacidades, pero lo cierto es que las últimas generaciones de Wi-Fi ofrecían ya características avanzadas en este sentido.

A continuación se responde a diferentes preguntas que, sin duda, surgirán a muchos interesados en las nuevas posibilidades abiertas por 802.11n. Con estas respuestas, el usuario podrá hacerse una idea sobre lo que se puede esperar de 802.11n tanto en el hogar como en la empresa.

### **Diferencias de 802.11n de las actuales generaciones**

El estándar 802.11n utiliza algunas nuevas tecnologías y toma algunas características de otras ya existentes para dotar a Wi-Fi de mayor velocidad y alcance. Quizá entre las primeras la más destacable sea MIMO (Multiple Input, Multiple Output). Esta tecnología se basa en la utilización de varias antenas para transportar múltiples corrientes de datos de un lugar a otro. Algo que permite la transmisión de mayor cantidad de datos en el mismo período de tiempo; es decir, un aumento de velocidad. MIMO también constituye la clave para el aumento de cobertura –distancia a la que los datos pueden transmitirse- en la próxima generación de productos WLAN.

Una segunda tecnología incorporada en 802.11n y directamente ligada también al aumento del rendimiento es “channelbonding” (unión o emparejamiento de canales). Este sistema permite utilizar simultáneamente dos canales no-superpuestos como si de uno con el doble de capacidad se tratara para transmitir los datos a mayor velocidad. Tales canales deben ser

adyacentes o contiguos. Utilizando esta tecnología es posible sumar el ancho de banda de dos canales de 20 MHz para conseguir un enlace wireless de 40 MHz.

En tercer lugar, 802.11n implementa una tecnología denominada agregación de paquete o "payloadoptimization", que, en términos sencillos, permite meter más datos en cada paquete transmitido.

### **Beneficios reales que 802.11n puede aportar**

Los usuarios percibirán dos cosas cuando empiecen a utilizar la nueva y mejorada tecnología inalámbrica: un aumento significativo en velocidad y el incremento de la cobertura de sus despliegues. Tanto Intel, que tiene un interés especial en el mercado 802.11n dado que fabrica chips para el equipamiento en él basado, como diferentes estudios independientes avalan que los aumentos en cobertura y velocidad prometidos por el nuevo estándar son ciertos.

Aunque, por supuesto, el aumento real del rendimiento se encuentra muy lejos del máximo teórico que 802.11n supuestamente puede proporcionar. No obstante, la mejora respecto a las generaciones Wi-Fi anteriores es más que considerable.

En concreto, los productos basados en el estándar 802.11g, que, como se ha dicho, apunta máximos teóricos de 54 Mbps, proporcionan velocidades típicas reales de entre 22 Mbps y 24 Mbps. Intel asegura haber comprobado que el equipamiento 802.11n puede proporcionar en el mundo real entre 100 Mbps y 140 Mbps. Unos resultados que han sido confirmados en unas pruebas realizadas por Computerworld en Estados Unidos sobre diversos productos Wi-Fi que implementan el segundo borrador –el más reciente– de la especificación 802.11n.

Por lo que respecta a la cobertura, es más difícil de cuantificar, dado que se ve afectada por una gran cantidad de variables, como las barreras físicas que pueden bloquear la señal. Sin embargo, en ésta área Intel afirma que el equipamiento 802.11n generalmente duplica el alcance del equipamiento 802.11n a cualquier velocidad, algo que también ha sido confirmado por Computerworld.

### **Lugar en el networking empresarial**

En el segmento de consumo, los usuarios compran cada vez más equipamiento basado en las versiones borrador de 802.11n, pero pocas empresas desplegarán productos hasta que el estándar haya sido completamente ratificado. De hecho, los suministradores orientados al

segmento empresarial, como Cisco Systems, no suelen lanzar productos hasta que el estándar ha sido definitivamente publicado. No obstante, en este caso, la urgencia con que muchas organizaciones esperan soluciones de networking de alta velocidad ha hecho que algunos de ellos se lancen al mercado antes de que la tecnología haya sido totalmente definida, incluida la propia Cisco. De hecho, como se ha dicho, Wi-Fi Alliance está ya certificando productos basados en el segundo borrador 802.11n.

Este mismo mes, Cisco se ha apresurado a tomar posiciones para cuando comience la competencia en este emergente mercado lanzando Aeronet 1250, un punto de acceso basado en este borrador, aunque el estándar definitivo no estará disponible, al menos, hasta dentro de un año.

Según ha explicado la compañía, la decisión de lanzar el producto responde al hecho de que ya existen diversos fabricantes de chips y laptops que han incorporado en sus productos las funcionalidades definidas en el segundo borrador (Draft 2) y, por tanto, existe ya mercado potencial para el networking que habrá de soportar su trabajo en red.

La visión del networking inalámbrico en muchas empresas ha estado limitada a una interpretación de la tecnología como un recurso de nicho, para cubrir de conectividad áreas específicas, como salas de conferencias, comedores o espacios de oficina en construcción en los que se requiere una solución temporal. La escasez de despliegues más ambiciosos de WLAN es comprensible, dado que Wi-Fi ha proporcionado menores niveles de fiabilidad y velocidad que Ethernet sobre cable. Además, Ethernet es una tecnología conmutada, mientras que las propuestas WLAN hasta ahora ofrecen menores velocidades y además en un entorno de ancho de banda compartido. Pero la nueva tecnología 802.11n resolverá este problema de rendimiento para los usuarios empresariales, abriendo la puerta a nuevas aplicaciones para Wi-Fi, como la voz sobre IP y la videoconferencia.

Así, cabe esperar que de la mano de 802.11n venga un despliegue a mayor escala de Wi-Fi, que, para muchos dejará de ser vista como una tecnología de nicho. De hecho, algunos empiezan a hablar de Wi-Fi 802.11n como digno sustituto de Ethernet, al menos en términos de acceso de clientes a la red.

### 2.6.7 Problemas

Ya se tiene un panorama bastante amplio de lo que el estándar IEEE 802.11n nos ofrecerá. Tomando en cuenta que las especificaciones del borrador 802.11n, fueron diseñadas para asegurar compatibilidad con más de 200 millones de dispositivos WiFi actualmente en uso, se mencionarán los puntos claves que se deben considerar para adquirir un dispositivo de éste tipo:

- El primer punto podría ser que es un sistema muy novedoso que se basa en la tecnología MIMO como ya se ha explicado. Las ondas de RF son “Multiseñal” y siempre existe una onda primaria y varias secundarias. Hasta ahora, solo se aprovechaba la onda primaria y las otras serán vistas como interferencias o ruidos. El algoritmo MIMO, envía señal a 2 o más antenas y luego recoge y reconvierte una. Según la propuesta final que se adopte para el estándar WiFi 802.11n funcionará en bandas de 2, 4 o 5 Ghz y se alcanzarán velocidades superiores a 100 Mbps. Estas podrían llegar a 600 Mbps. Otro tema a tener en cuenta es el alcance de la nueva tecnología, cuyas ondas de radiofrecuencia podrían llegar casi a 5000 metros del emisor.
- La velocidad es importante según sea el caso, pero es un gran atractivo para los compradores. De acuerdo con los expertos en WiFi, la velocidad de una red inalámbrica la fija el usuario más lento, y de nada sirve tener un punto de acceso muy rápido si la mayoría de los usuarios son lentos, por lo que solo en algunos casos se podrá sacar ventaja de la velocidad.
- Obligar a una tecnología como la 802.11n a juntarse con 802.11b y 802.11g significa un gran sacrificio de recursos técnicos. La transmisión de información en redes inalámbricas WiFi 802.11b y 802.11g tiene lugar en la banda 2.4GHz, que está muy poblada y solo dispone de 3 canales no superpuestos para un ancho de 20 Mhz por un canal, por donde sube y baja la información. En 802.11n se propone utilizar canales de 40 MHz de ancho. Para hacer que las dos tecnologías sean compatibles se degrada a 802.11n, perdiéndose muchas de sus ventajas. En 802.11a se trabaja en la banda de 5 Ghz, mucho más despoblada y con 8 canales como mínimo para elegir; por ello, si hay muchos que abogan por “impedir” a 802.11n que incluya la opción de funcionar en la banda de 2.4 GHz.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLOGICO E HIPOTETICO**

#### **3.1 Diseño de la investigación**

La presente investigación se enmarca dentro de un estudio **Cuasi-Experimental**, puesto que trabajaremos con grupos definidos y además se manipula una variable independiente. Alcanzaremos a demostrar su validez a medida de que observemos que la transmisión de datos es mejor con el estándar 802.11n luego de realizar el análisis comparativo.

Para la presente investigación hemos realizado las siguientes consideraciones:

- Planteamos la investigación en base a la transferencia de datos en una red inalámbrica (WI-FI).
- Trazamos los objetivos de la investigación
- Justificamos los motivos para realizar la siguiente investigación.
- Elaboramos un marco teórico que nos sirva de soporte para la realización del trabajo de tesis.
- Planteamos la hipótesis que nos sirva como una posible respuesta al problema planteado.
- Efectuamos la operacionalización de las variables en base a la hipótesis planteada.
- Realizamos la recolección de datos en el ambiente de simulación para la transferencia de datos.
- Probamos la hipótesis con los resultados obtenidos.
- Elaboramos las conclusiones y recomendaciones como resultado de la investigación realizada.



### 3.2 Tipo de estudio

Tomando en cuenta la naturaleza del estudio que vamos a realizar podemos decir que es una **investigación descriptiva** ya que haremos uso de los conocimientos para realizar un estudio comparativo de los estándares de redes inalámbricas 802.11b/g/n que nos permita demostrar que el estándar 802.11n tiene mejor rendimiento en la transferencia de datos.

### 3.3 Diseño de la investigación

El tipo de diseño de investigación es **Cuasi-Experimental** ya que trabajaremos en el ambiente de simulación con grupos previamente definidos y manipularemos una variable independiente.

### 3.4 Métodos, Técnicas

#### Métodos

En este proyecto se hará uso de los siguientes métodos de investigación.

**Método Científico:** Haremos uso de este método ya que tenemos definidos los pasos que vamos a realizar para poder probar los conocimientos por medio de la utilización de instrumentos confiables y la realización de diferentes experimentos, tomando en cuenta los pilares de éste método que son la reproductibilidad y falsabilidad.

**Método Deductivo:** Ya que el promedio del estudio de los estándares podremos encontrar el que mejor se ajusta para la transferencia de archivos tomando en cuenta las características de los escenarios.

**Método Comparativo:** Debido a que tendremos que comparar los estándares estudiados.

#### Técnicas

Vamos a usar las siguientes técnicas:

- Observación
- Recopilación de información
- Análisis
- Pruebas

### **3.5 Instrumentos**

Teniendo en cuenta la naturaleza de la investigación los instrumentos que hemos considerado como apropiados para la recolección de datos fueron las herramientas de office y las guías de observación, ya que por medio de estas establecimos los parámetros de comparación para hacer el estudio que nos dará como resultado los estándares adecuados para la transferencia de datos.

Después de establecer los estándares más adecuados, evaluaremos su rendimiento en la transferencia de datos mediante herramientas inalámbricas (sniffers) como el Observer.

#### **3.5.1 Validación de Instrumentos**

##### **OBSERVER**

Es un software analizador de red que ofrece muchas funcionalidades como tiempo de captura, decodificar, filtrar paquetes estadísticas en tiempo real a través de múltiples topologías tanto de redes (LAN e inalámbricas)

Este software analizador de red al mismo tiempo controla redes alámbricas e inalámbricas, añadiendo hardware o software es posible llevar a cabo el seguimiento de múltiples segmentos de LAN, WAN y redes inalámbricas.

Observer, es totalmente compatible con Windows de 64 bits para maximizar el análisis de rendimiento, aunque en una versión de 32 bits también se incluye, el bufer de captura solo está limitado por el sistema operativo.

Es un analizador de red se construye solo a partir de un conjunto de códigos unificados. Esta es una ventaja única en el análisis de la arquitectura de redes distribuidas, ofrece una perfecta integración y escalabilidad a través de toda la familia del observer. Solo necesita una interfaz de múltiples topologías, lugares y tecnologías.

##### **Beneficios**

Fácilmente convierte su Pc o portátil en un analizador de gran alcance. Permite ver, capturar y descifra el tráfico en tiempo real y al instante evalúa la efectividad de los cambios. Lo mejor es que permite monitorear redes alámbricas e inalámbricas a la vez.

Recoge más de 30 estadísticas en tiempo real para medir el rendimiento de la red como la utilización del ancho de banda, carga de punto de acceso, distribución de protocolos, retardos, velocidad de transmisión, etc. Permite entender el uso del ancho de banda que consume y tomar decisiones informadas sobre las segmentaciones de la red. Puede encontrar las tormentas de brocadas, detectar el hardware de red defectuosa.

#### **Estadísticas Estándar del Observer**

- Resumen de red
- Utilización de Ancho de Banda
- Observador de Internet
- Seguimiento puntual de la carga de acceso
- Protocolos de distribución
- Actividad de la red
- Inspección del lugar inalámbrico
- Observador del router

#### **EXCEL**

Es otro instrumento muy valioso que utilizamos ya que con las múltiples funciones que presta pudimos representar en tablas y gráficamente todos los datos que se capturaron en el experimento que realizamos con el software Observer y así poder obtener una mejor interpretación de ellos para poder proceder con su respectivo análisis y así concluir realizando la comprobación de la hipótesis planteada en nuestro proyecto de investigación.

### **3.6 Procesamiento de la información**

Para realizar el estudio comparativo de los estándares de redes inalámbricas, tomamos en consideración los siguientes parámetros (indicadores) que nos permitan evaluar las cualidades o falencias de los estándares escogidos para la transmisión de datos en este tema de tesis. Los parámetros han sido tomados de estudios de tesis, foros de internet, entre otros y estos son: fiabilidad de la señal, tasa de ancho de banda, velocidad de transmisión, tiempo de transmisión. Para cada parámetro hemos considerado índices los cuales han sido evaluados cuantitativamente en unos casos y cualitativamente en otros, y expuestos en tablas por parámetros, luego de esto realizaremos una tabla de resumen en la que asignaremos pesos, en

una escala de valoración cualitativa para escoger los estándares adecuados que utilizaremos para el desarrollo del ambiente de pruebas.

El ambiente de pruebas nos servirá para validar la variable dependiente, mediante cada uno de los indicadores con sus respectivos índices, para lo que haremos uso del sniffer con el que podremos obtener información del desempeño del ambiente de pruebas con los estándares anteriormente escogido en el estudio comparativo.

### 3.7 Planteamiento de la hipótesis

EL ESTÁNDAR 802.11N TIENE MEJOR RENDIMIENTO QUE EL ESTÁNDAR 802.11B/G

### 3.8 Determinación de las variables

De acuerdo a la hipótesis se han identificado dos variables:

- Variable Independiente
  - Rendimiento de los estándares
- Variable dependiente
  - Estándar 802.11n
  - Estándar 802.11b/g

### 3.9 Operacionalización conceptual de las variables

Tabla III.V Operacionalización Conceptual de variables

VARIABLE	TIPO	DEFINICIÓN
Rendimiento de los estándares	Independiente	Estudio del nivel de rendimiento de los estándares en la transmisión de archivos
Estándar 802.11n	Dependiente	Estudiar el rendimiento en la transmisión de datos
Estándar 802.11b/g	Dependiente	Estudiar el rendimiento en la transmisión de datos

### 3.10 Operacionalización metodológica de las variables

Tabla III.VI Operacionalización Metodológica de variables

HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	TECNICAS
<p>EL ESTANDAR 802.11N TIENE MEJOR RENDIMIENTO QUE EL 802.11B/G</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiabilidad</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuerza de la Señal</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Pruebas</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasa de Ancho de Banda</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Tasa de Ancho Banda en la transmisión de audio</li> <li>3. Tasa de Ancho Banda en la transmisión de archivos de audio</li> <li>4. Tasa de Ancho Banda en la transmisión de archivos de video</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Pruebas</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad de Transmisión</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Velocidad medida en Mbps en la transmisión de archivo de texto</li> <li>6. Velocidad medida en Mbps en la transmisión de archivo de audio</li> <li>7. Velocidad medida en Mbps en la transmisión de archivo de video</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Pruebas</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiempo de Transmisión</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Tiempo de transmisión de archivo de texto</li> <li>9. Tiempo de transmisión de archivo de audio</li> <li>10. Tiempo de transmisión de archivo de video</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observación</li> <li>• Pruebas</li> </ul>

## **CAPITULO IV**

### **RECOLECCIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

#### **4.1 Determinación de los parámetros de comparación**

Para realizar el estudio comparativo de los estándares de las redes inalámbricas, se tomó en consideración ciertos parámetros, que nos permitirán evaluar las cualidades o falencias de cada una de los estándares escogidas para transmitir datos en este tema de tesis.

Los parámetros han sido tomados de revistas especializadas, estudios de tesis, foros de internet, entre otros y estos son: fiabilidad de la señal, tasa de ancho de banda, velocidad de transmisión, tiempo de transmisión. A continuación se presenta cada uno de los parámetros con una breve descripción de ellos.

#### **4.2 Análisis e interpretación de resultados**

##### **Estudio comparativo (demostración variable independiente)**

- En el tema de esta tesis se propone la transferencia de datos, mediante la realización del estudio comparativo se puede notar claramente que el estándar 802.11n queda en primer lugar, por lo que el ambiente de pruebas será realizado con este estándar. Sin embargo se realizará además el ambiente de pruebas con el estándar 802.11b/g por ser un estándar que está presente en la mayoría de dispositivos.
- En lo referente a topología se puede ver que los dos estándares aptos para competir (802.11b/g e 802.11n) pueden realizar conexiones punto a punto, Punto Multipunto y malla.

- Con lo que respecta a la tasa de transferencia el estándar 802.11b/g puede trabajar a 54 Mbps en un rango de 50 metros, por otro lado el estándar 802.11n alcanza tasas de transferencia de 600 Mbps
- Con lo que respecta a la frecuencia las dos tecnologías trabajan en el rango de los 2,4 GHz aunque el estándar 802.11n trabaja normalmente en la frecuencia de 2,5 o 5 GHz este se acopla.
- Se puede notar que en cuanto a cobertura que el estándar 802.11n llega perfectamente a cubrir un área mayor 1 los 50m, por otro lado el estándar 802.11 b/g solo alcanza los 50 metros dentro.
- Con lo que a Calidad de Servicios concierne, el estándar 802.11n cumple con 2 de los 3 parámetros especificados en el punto de QoS, cosa que no sucedieron el estándar 802.11b/g.

### 4.3 Experimento realizado para transmitir datos

Para el siguiente experimento se tomarán valores de referencia, de la siguiente escala de valoración cualitativa

Sin Señal (SS)

Regular (R)

Malo(M)

Bueno (B)

Excelente (E)

#### Fuerza de la Señal

Tabla IV.VII Fiabilidad Estándar 802.11 b/g y n

Fuerza de la señal de radio	5m	20m	35m	50m
Estándar 802.11b/g	E	M	R	SS
Estándar 802.11n	E	E	M	R

**Interpretación.-**

La fuerza de la señal de radio es excelente a los 5 m para ambos estándares a partir de los 15 m aproximadamente empieza a variar y a los 50m el estándar b/g ya no recepta señal mientras que el n si tiene una señal baja.

**Tasa de Ancho de Banda en archivos de texto transmitidos.**

**Tabla IV.VIII Ancho de Banda en archivos de texto transmitidos**

Tx. Archivos de Texto	802.11b/g	802.11n
Datos 1	12,5%	2,25%
Datos 2	20,95%	8,05%
Datos 3	24,8%	10%

**Interpretación**

Podemos observar que el ancho de banda en la transmisión de datos aumenta de acuerdo al tamaño del archivo transmitido, esto pasa con los 2 estándares.

**Tabla IV.IX Ancho de Banda en archivos de audio transmitidos**

Tx. Archivos de Audio	802.11b/g	802.11n
Musical 1	2,1 %	0,35%
Musical 2	4,45%	0,7%
Musical 3	2,25%	0,45%

**Interpretación.-**

El Ancho de banda en la transmisión de música podemos ver que no depende el tamaño del archivo sino de otros componentes ya que el segundo archivo de audio tiene una mayor tasa de consumo de ancho de banda en los dos estándares.



**Tabla IV.X Ancho de banda en archivos de video transmitidos**

Tx. Archivos de Video	802.11b/g	802.11n
Video 1	21,65%	7,75%
Video 2	10,05%	10,05%
Video 3	7,8%	1,8%

**Interpretación.-**

En la transmisión de video el ancho de banda varia y este es mayor entre más pequeño es el archivo transmitido.

**Velocidad de Transmisión en archivos transmitidos.**

**Tabla IV.XI Velocidad de Transmisión en archivos de texto**

Tx. Archivos de Texto	802.11b/g	802.11n
Datos 1	39Mbps	76Mbps
Datos 2	39Mbps	123,5Mbps
Datos 3	54Mbps	101Mbps

**Interpretación**

El la velocidad de transmisión podemos observar que los archivos de texto de transmite a mayor velocidad con el estándar 802.11n.

**Tabla IV.XII Velocidad de Transmisión en archivos de audio**

Tx. Archivos de Audio	802.11b/g	802.11n
Musical 1	39Mbps	123,75Mbps
Musical 2	45Mbps	96Mbps
Musical 3	49,5Mbps	119,25Mbps

**Interpretación.-**

Nos damos cuenta de que la velocidad es mayor con el estándar 802.11n.

**Tabla IV.XIII Velocidad de Transmisión en archivos de video**

Tx. Archivos de Video	802.11b/g	802.11n
Video 1	43,5Mbps	100Mbps
Video 2	39Mbps	78,5Mbps
Video 3	43Mbps	130,25Mbps

**Interpretación.-**

Nos damos cuenta de que la velocidad es mayor con el estándar 802.11n en la transmisión de video así como en el de datos y audio.

**Tiempo de Transmisión en archivos**

**Tabla IV.XIV Tiempo de Transmisión en archivos de texto**

Tx. Archivos de Texto	802.11b/g	802.11n
10 Mb	5,78s	2,93s
50 Mb	9,62s	4,89s
100 Mb	11,42s	6,05s

**Interpretación**

El tiempo de transmisión de los archivos de texto varía de acuerdo al tamaño y con el estándar 802.11n lo hace en menor tiempo que el 802.11b/g.

**Tabla IV.XV Tiempo de Transmisión en archivos de texto**

Tx. Archivos de Audio	802.11b/g	802.11n
Musical 1	2,45s	1,93s
Musical 2	1,56s	1,33s
Musical 3	1,92s	1,66s

**Interpretación.-**

Con los archivos de audio el tiempo no depende del tamaño, pero si podemos ver que con el estándar 802.11n se transmiten en menor tiempo que con el 802.11b/g.

**Tabla IV.XVI Tiempo de Transmisión en archivos de video**

Tx. Archivos de Video	802.11b/g	802.11n
Video 1	5,24s	5,33s
Video 2	10,76s	7,79s
Video 3	3,17s	2,65s

**Interpretación.-**

Podemos darnos cuenta que los videos se transmiten en menor tiempo en su mayoría con el estándar 802.11n a excepción del video 1 que tiene mayor tiempo de transmisión con el estándar n que con el b/g.

## **4.4Presentación de Resultados**

### **Estudio Comparativo**

#### **Variable Independiente**

Para la presentación de resultados de las tablas, colocaremos los valores cualitativos como sigue:

Sin Señal (SS): 0

Regular (R): 1

Malo (M): 2

Bueno (B): 3

Excelente (E): 4

### Calidad de la señal a diferentes distancias

Tabla IV.XVII Calidad de la Señal

	N	B/G
5m	4	4
20m	4	2
35m	2	1
50m	1	0

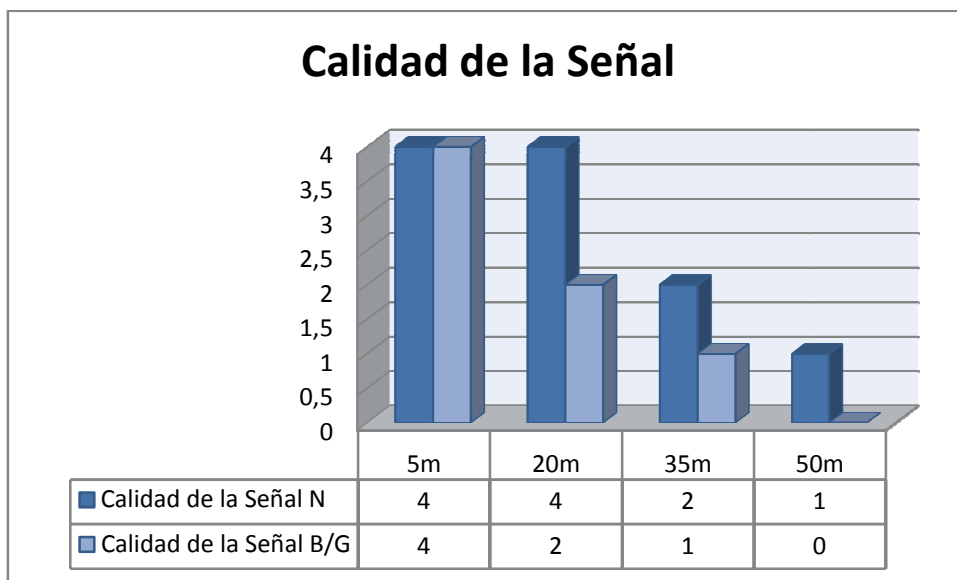


Figura IV.27 Calidad de la Señal

### Interpretación

Podemos observar que la calidad de la señal a los 5 m es excelente para ambos estándares, luego al aumentar la distancia el estándar 802.11n toma la ventaja además de que el 802.11b/g a los 50 m ya no tiene señal mientras que el N si tiene a pesar de no ser muy buena.

### Ancho de Banda usado en la transmisión de archivos de datos

Tabla IV.XVIII Ancho de Banda Datos

	N	B/G
Datos 1	4	3
Datos 2	3	1
Datos 3	3	1

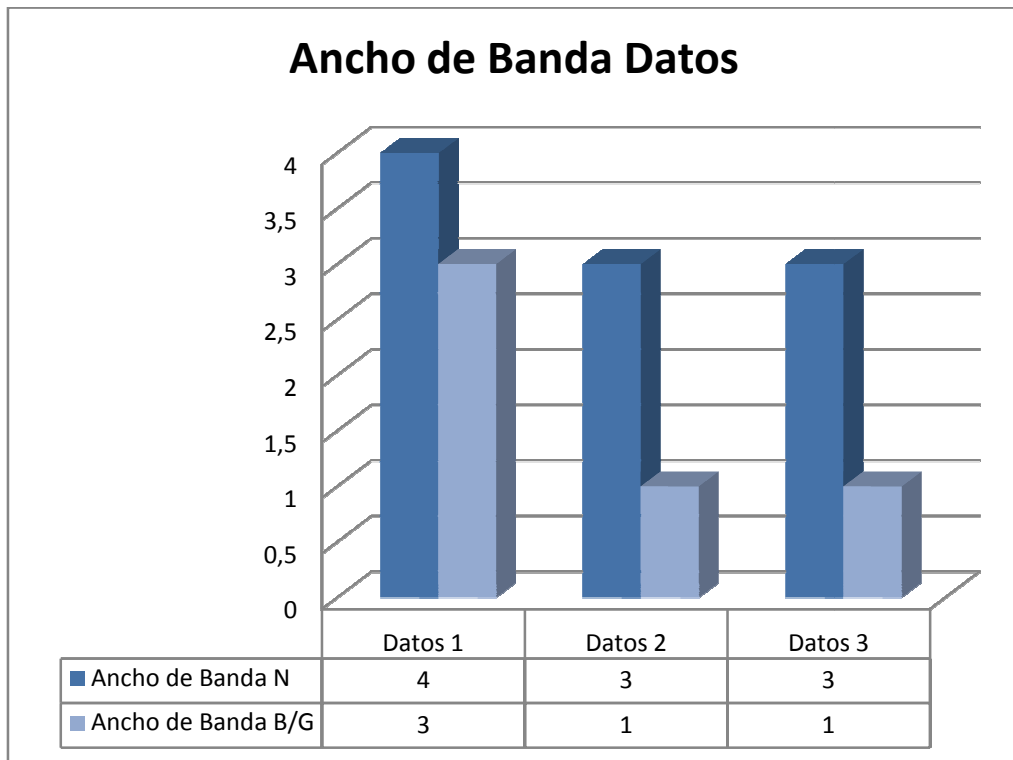


Figura IV.28 Ancho de Banda Datos

### Interpretación

Podemos observar que el ancho de banda consumido en la transmisión de datos de texto de todos los tres tamaños establecidos es mejor con el estándar 802.11n, aunque con mayor ventaja en los datos 2 y datos 3 que es mejor con 2 puntos.

### Ancho de Banda usado en la transmisión de archivos de audio

Tabla IV.XIX Ancho de Banda Audio

	N	B/G
Música 1	4	4
Música 2	4	4
Música 3	4	4

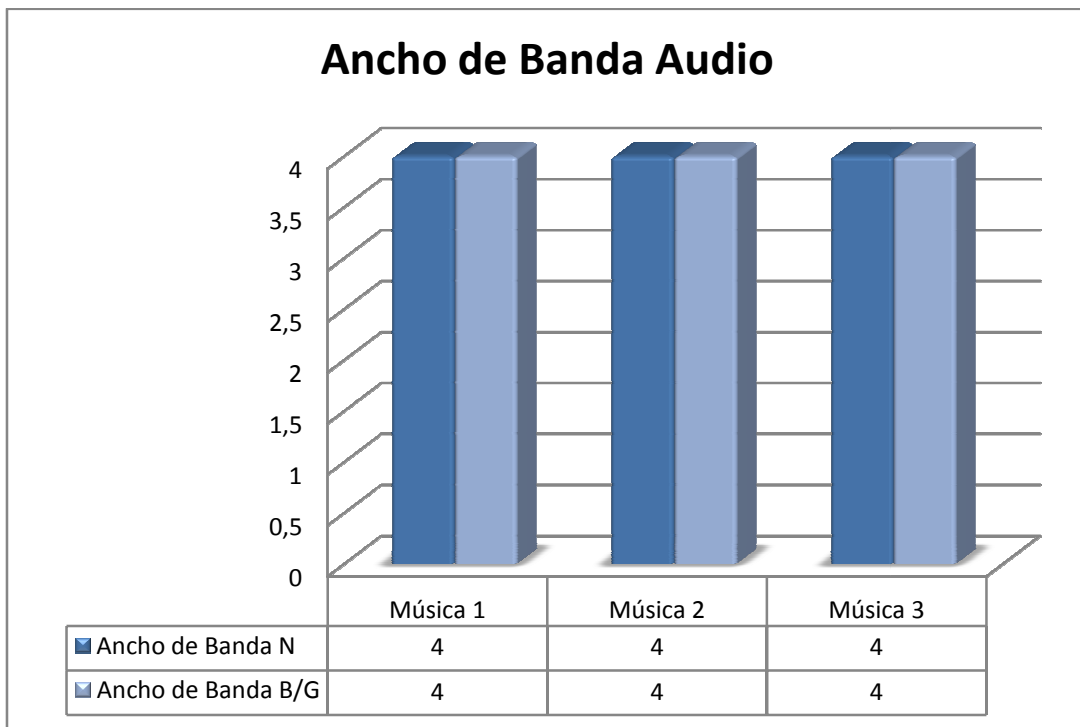


Figura IV.29 Ancho de Banda Audio

### Interpretación

Podemos observar que el ancho de banda consumido en la transmisión de datos de audio de todos los tres tamaños establecidos es igual con ambos estándares, ya que en todas las transmisiones se obtuvo un puntaje de 4 puntos que es de equivalencia excelente.

### Ancho de Banda usado en la transmisión de archivos de video

Tabla IV.XX Ancho de Banda Videos

	N	B/G
Video 1	3	1
Video 2	3	4
video 3	4	4

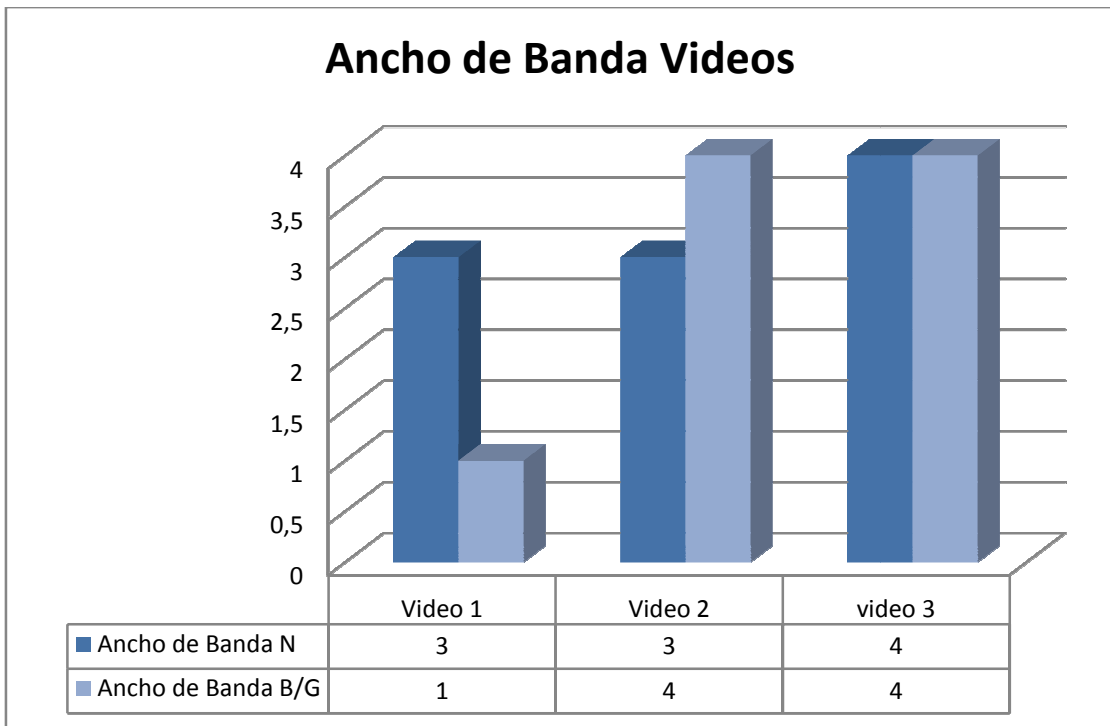


Figura IV.30 Ancho de Banda Videos

### Interpretación

Podemos observar que el ancho de banda consumido en la transmisión de datos de video1 es mejor el estándar 802.11n, en el video 2 es mejor el estándar 802.11b/g y en el video 3 los dos obtuvieron un puntaje de 4 puntos con los dos estándares.

### Velocidad de transmisión de archivos de datos

Tabla IV.XXI Velocidad de Transmisión Datos

	N	B/G
Datos 1	4	2
Datos 2	3	2
Datos 3	3	2

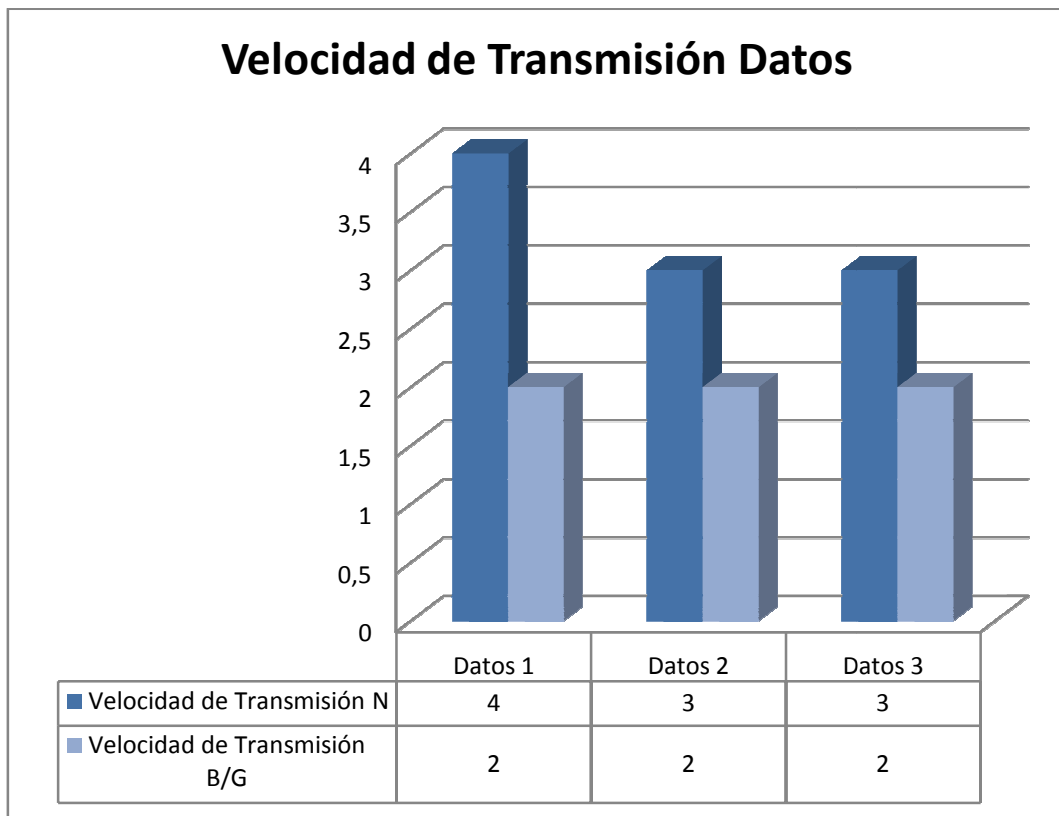


Figura IV.31 Velocidad de Transmisión Datos

### Interpretación

Podemos observar que en la velocidad de transmisión en la transmisión de datos 1 el estándar 802.11n fue mejor con dos puntos frente al 802.11 b/g mientras que en los datos 2 y datos 3 el estándar 802.11n es mejor con un punto de los transmitidos con el estándar 802.11b/g.



### Velocidad de transmisión de archivos de audio

Tabla IV.XXII Velocidad de Transmisión Audio

	N	B/G
Música 1	4	2
Música 2	3	2
Música 3	4	2

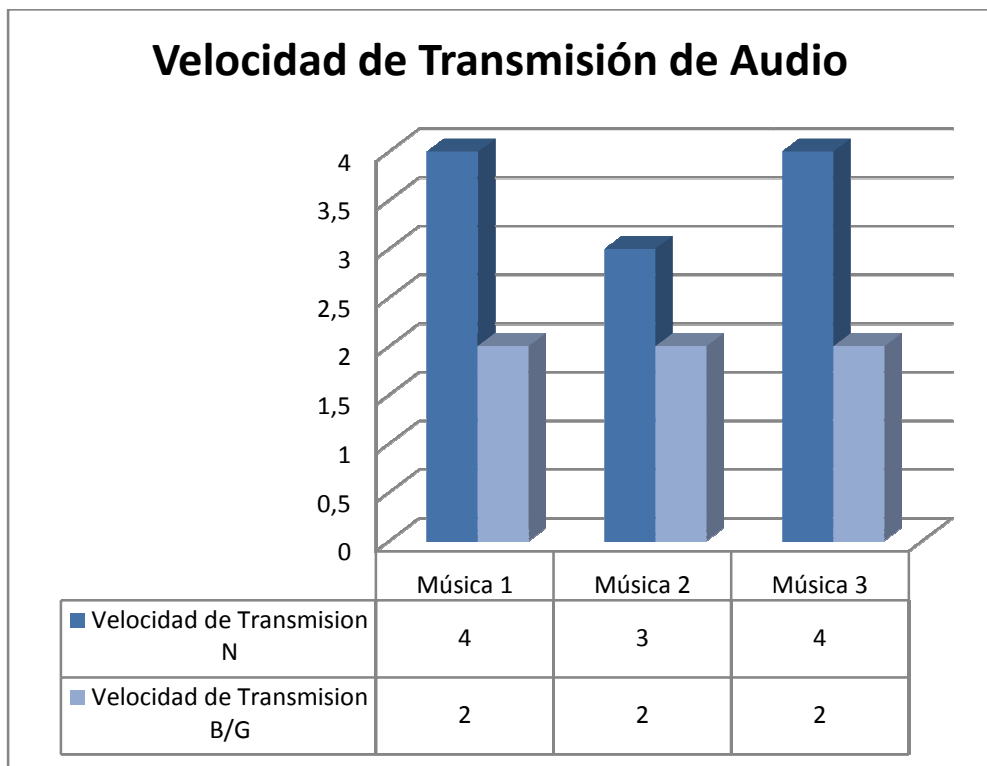


Figura IV.32 Velocidad de Transmisión de Audio

### Interpretación

Podemos observar que la velocidad de transmisión en la transmisión de datos de música1 y música 3 es mejor el estándar 802.11n con 2 puntos frente al estándar 802.11b/g, en la música 2 también es mejor el estándar N pero con la diferencia de 1 punto.

### Velocidad de transmisión de archivos de video

Tabla IV.XXIII Velocidad de Transmisión Video

	N	B/G
Video 1	3	2
Video 2	3	2
Video 3	4	2

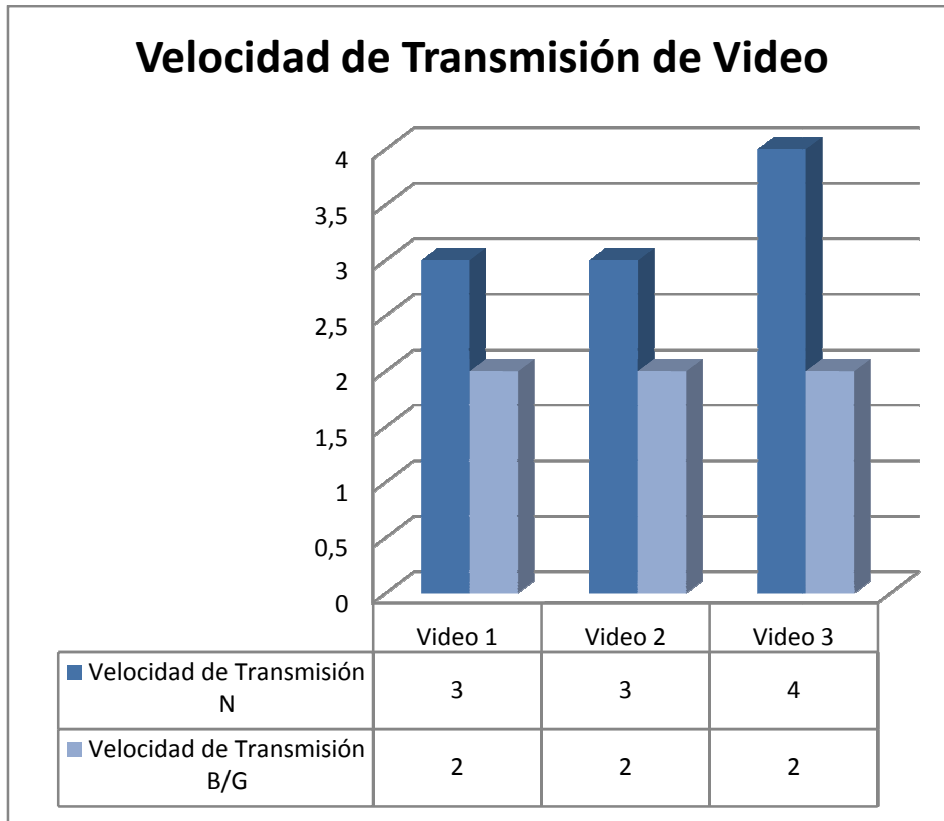


Figura IV.33 Velocidad de Transmisión de Video

### Interpretación

Podemos observar que la velocidad de transmisión en la transmisión de datos de video 1 y video 2 es mejor el estándar 802.11n con 1 punto de diferencia del estándar 802.11b/g, en el video 3 también es mejor el estándar N pero con la diferencia de 2 puntos.

### Tiempo de transmisión de archivos de datos

Tabla IV.XXIV Tiempo de Transmisión Datos

	N	B/G
Datos 1	2	1
Datos 2	3	1
Datos 3	4	3

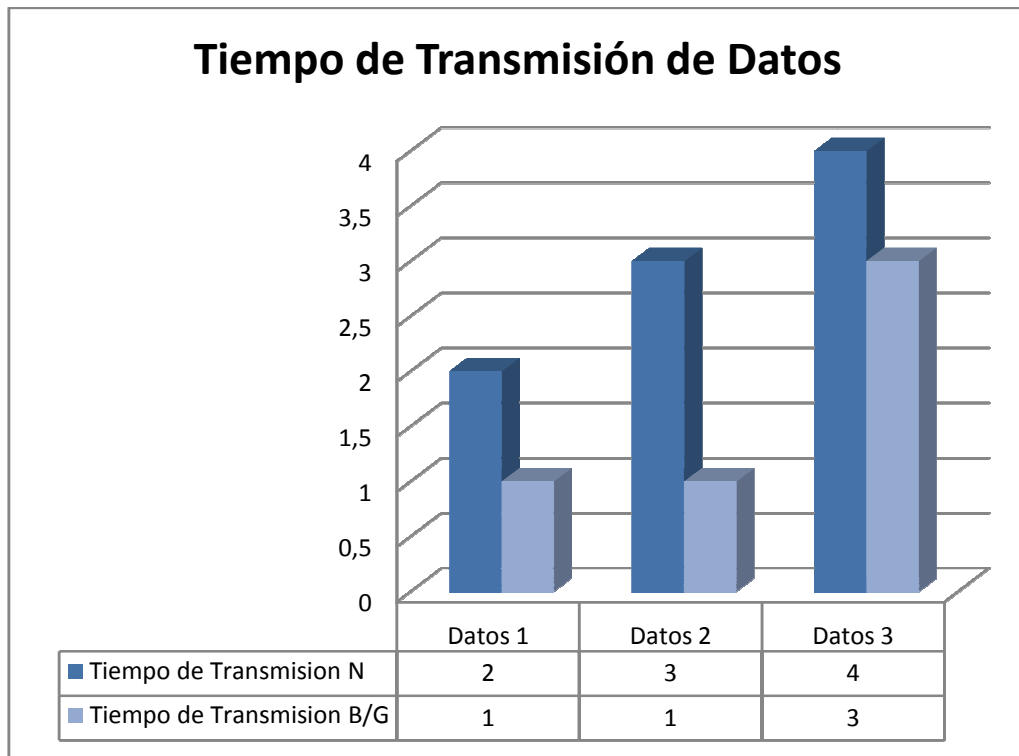


Figura IV.34 Tiempo de Transmisión de Datos

### Interpretación

Podemos observar que el tiempo de transmisión de datos siempre es mejor con el estándar 802.n11n que con el estándar 802.11 b/g.

### Tiempo de transmisión de archivos de audio

Tabla IV.XXV Tiempo de Transmisión de Audio

	N	B/G
Música 1	4	4
Música 2	4	4
Música 3	4	4

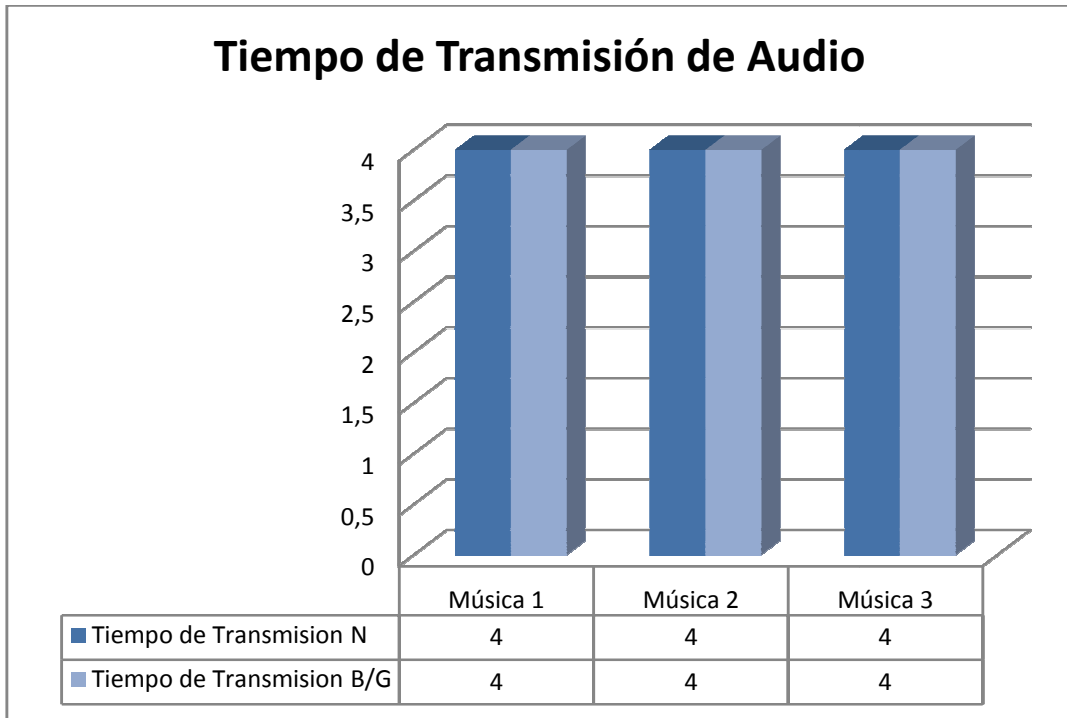


Figura IV.35 Tiempo de Transmisión de Audio

### Interpretación

Podemos observar que el tiempo de transmisión de música siempre es igual tanto para el estándar 802.11n y el 802.11 b/g ya que las tres música con ambos estándares obtuvieron un puntaje de 4 puntos.

### Tiempo de transmisión de archivos de video

Tabla IV.XXVI Tiempo de Transmisión Videos

	N	B/G
Video 1	3	3
Video 2	2	1
Video 3	4	3

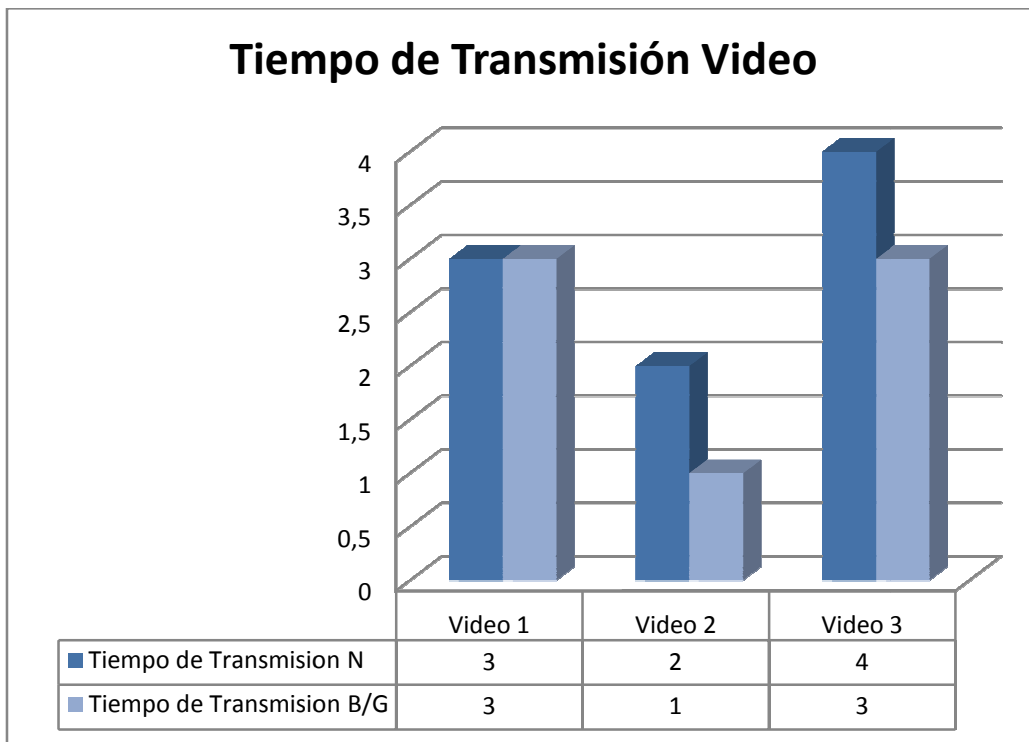


Figura IV.36 Tiempo de Transmisión de Video

#### Interpretación

Podemos observar que el tiempo de transmisión del video 1 es igual para ambos estándares, en el video 2 y video 3 es mejor con el estándar 802.11 n.

#### 4.5 Comprobación de la hipótesis de la investigación

En los temas abordados anteriormente se han podido ir identificando las falencias existentes para la transmisión de archivos con el estándar 802.11b/g, y que constituyen fuertes razones para la utilización del estándar 802.11n al momento de transmitir archivos.

Para la comprobación de la hipótesis de investigación se dará a la variable independiente X los siguientes valores:

X = Estándares de la IEEE

X1 = 802.11n

X2 = 802.11 b/g

Los mismos que se aplicarán a la muestra en estudio con el fin de determinar su impacto Y **Transmisión óptima de archivos**. En la Tabla IV.17 se presentan los resultados obtenidos de nuestro experimento.

Tabla IV.XXVII Resumen General de Datos

Variable Independiente ↓	Variable Dependiente →			Estándar 802.11 b/g					Estándar 802.11 n						
	Indicador	Indice		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4		
Rendimiento	Fiabilidad	Fuerza de la señal	5m					X						X	
			20m			X								X	
			35m		X						X				
			50m	X							X				
	Tasa de Ancho de banda	Transmisión de archivos de texto	Datos 1				X							X	
			Datos 2		X								X		
			Datos 3		X								X		
		Transmisión de archivos de audio	Música 1					X							X
			Música 2					X							X
			Música 3					X							X
		Transmisión de archivos de video	Video 1		X									X	
			Video 2					X					X		
			Video 3					X							X
	Velocidad de Transmisión	Transmisión de archivos de texto	Datos 1			X								X	
			Datos 2			X							X		
			Datos 3			X							X		
		Transmisión de archivos de audio	Música 1		X										X
			Música 2			X							X		
			Música 3			X									X
		Transmisión de archivos de video	Video 1			X							X		
			Video 2			X							X		
			Video 3			X									X
	Tiempo de Transmisión	Transmisión de archivos de texto	Datos 1		X							X			
			Datos 2		X								X		
			Datos 3			X								X	
		Transmisión de archivos de audio	Música 1					X							X
			Música 2					X							X
			Música 3					X							X
		Transmisión de archivos de video	Video 1				X						X		
			Video 2		X							X			
			Video 3				X								X
	<b>Total</b>				1	7	11	3	9	0	1	3	11	16	
	<b>Total Resumido</b>				0	7	22	9	36	0	1	6	33	64	

La codificación para la tabla fue adoptada en función a una calificación cualitativa con los siguientes valores detallados:

Sin Señal (SS) tendrá el valor de 0

Regular (R) tendrá el valor de 1

Malo (M) tendrá el valor de 2

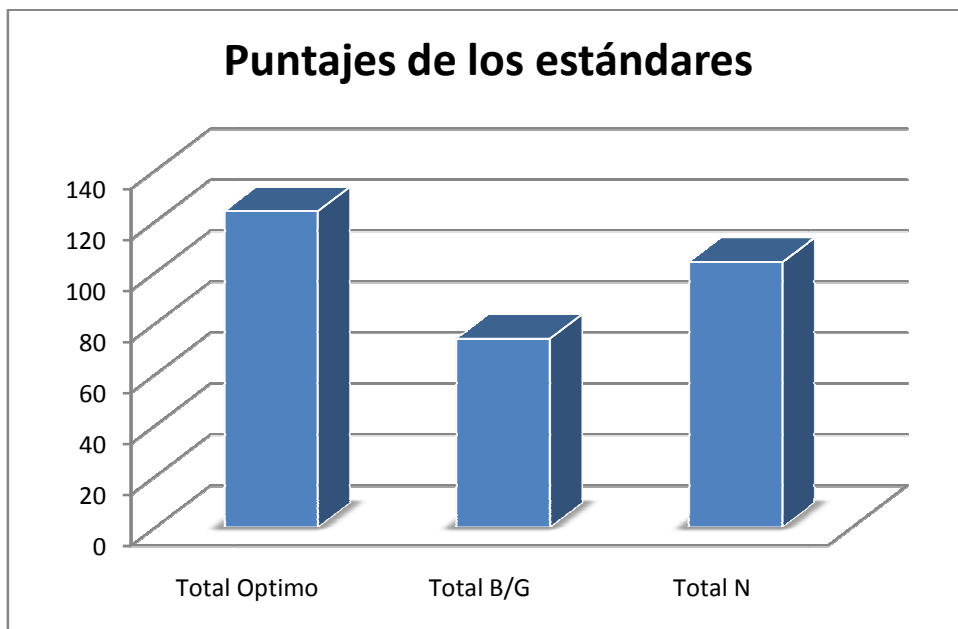
Bueno (B) tendrá el valor de 3

Excelente (E) tendrá el valor de 4

Para probar la hipótesis planteada haremos uso de la diferencia de puntaje alcanzado por cada uno de los estándares en los experimentos realizados. Tomando al valor de 124 como el valor óptimo que debería ser alcanzado para la excelente transmisión de archivos. El estándar 802.11b/g alcanzó una puntuación de 74 frente a 104 del estándar 802.11n.

**Tabla IV.XXVIII Puntajes de los estándares**

Total Optimo	124
Total B/G	74
Total N	104



**Figura IV.37 Puntaje de los Estándares**

Tomando en cuenta que el puntaje del estándar 802.11n es mayor al del estándar 802.11b/g queda aceptada la hipótesis de la investigación.

## **CAPITULO V**

### **MARCO PROPOSITIVO**

#### **5.1 Planificación de la guía referencial**

##### **5.1.1 Objetivos del diseño**

A continuación se presentan los objetivos propuestos para el diseño del ambiente de pruebas.

###### **General**

- Diseñar un ambiente de pruebas utilizando el estándar 802.11n para WiFi para la transferencia de datos.

###### **Específicos**

- Escoger los equipos para la implementación del ambiente de pruebas.
- Plantear la topología de red para la implementación del ambiente de pruebas.
- Elegir el contenido a ser transmitido.
- Realizar las pruebas correspondientes para observar la funcionalidad de la red.

#### **5.2 Requisitos de la red**

##### **5.2.1 Requisitos de los usuarios de la red**

Los usuarios del ambiente de pruebas (red) realizarán la transmisión de datos, transfiriendo contenido de archivos de texto, de audio y de video.



### 5.2.2 Requerimientos funcionales

Como requerimientos funcionales de la red tenemos la transferencia de los archivos mencionados en el ítem 5.2.1, entre los diversos dispositivos, para este proceso tenemos el siguiente escenario:

#### Escenario 1:

- De servidor a equipo portátil

## 5.3 Selección de equipamiento de la red

### 5.3.1 Equipo Activo

Los equipos a utilizar en el ambiente de pruebas soportan el estándar WiFi 802.11n y trabajarán en el espectro de frecuencia de 2.4 GHz; detallados a continuación:

- Ordenador portátil HP
  - Procesador: Intel Core 2 Duo
  - Memoria RAM: 2Gb
  - Disco duro: 160Gb
  - Tecnología WiFi: Incorporada
  - Sistema operativo: Windows 7
- Ordenador de escritorio
  - Procesador: Intel Pentium V 1.80 GHz
  - Memoria RAM: 768Gb
  - Disco Duro: 80Gb
  - Sistema operativo: Windows XP Profesional Service Pack 3
- Router Belkin N
  - Estándares: 802.11n, 802.11g, 80.11b, 802.11u, 802.3
  - Alcance de operación: 366m
  - Velocidad de enlace: 300Mbps (velocidad física, la real es menor)
  - Seguridad inalámbrica: Wi-Fi Protected Setup, WPA/WPA2-Personal de 256bits, encriptación WEP de 64bits, 126bits
  - Soporte VPN: PPTP (Protocolo de paso IPsec)

### 5.3.2 Equipo Pasivo

Ordenador portátil en el que se ejecutara el sniffers OBSERVER.

### 5.3.3 Topología

La topología que se utilizara para el desarrollo del ambiente de pruebas será punto-punto. Para lograr conectar los dispositivos como detallamos en el ítem 5.2.2

## 5.4 Selección del Contenido Multimedia

La selección del contenido a ser transmitido se realizó de antemano y serán los siguientes:

#### Archivos de datos:

Tabla V.XXIX Archivos de Datos

Nombre de Archivo	Tamaño Mb	Tipo
<b>Datos 1</b>	1,38Mb	Docx
<b>Datos 2</b>	12,9Mb	Docx
<b>Datos 3</b>	14,8Mb	Docx

#### Archivos de audio:

Tabla V.XXX Archivos de Audio

Nombre de Archivo	Tamaño Mb	Tipo
<b>Música 1</b>	3,54Mb	MP3
<b>Música 2</b>	5,50Mb	MP3
<b>Música 3</b>	10,3Mb	MP4

**Archivos de video:**

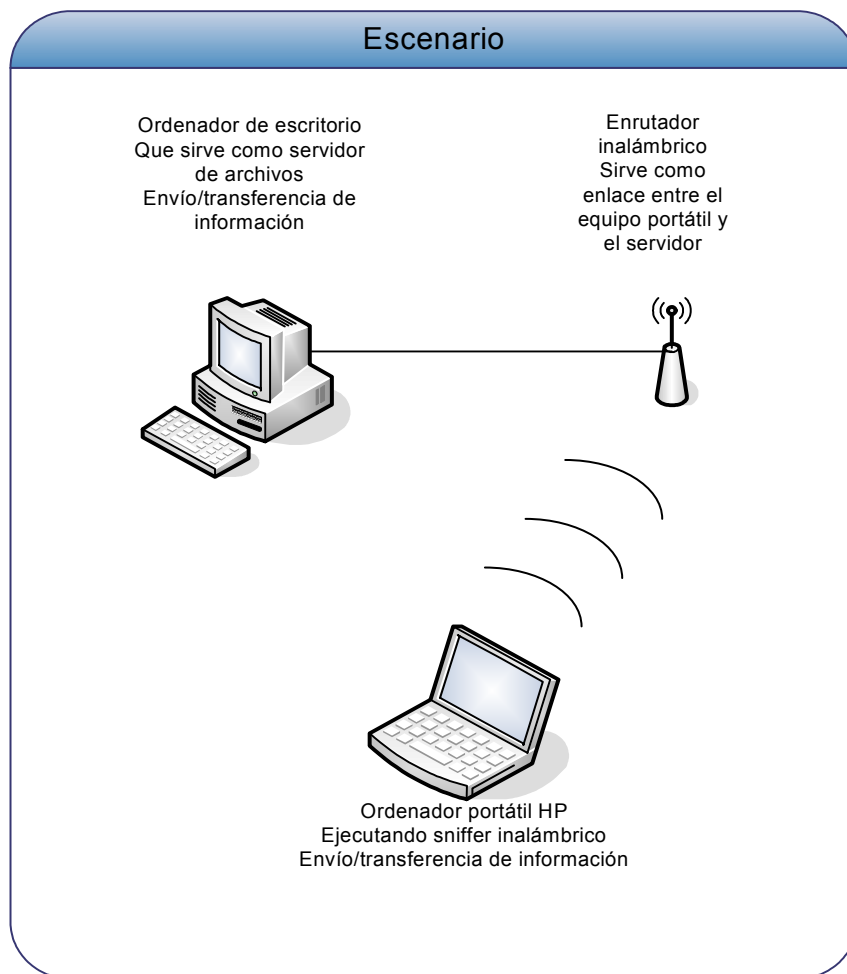
**Tabla V.XXXI Archivos de Video**

Nombre de Archivo	Tamaño Mb	Tipo
<b>Video 1</b>	9,87Mb	MPEG
<b>Video 2</b>	19,1Mb	MPG
<b>Video 3</b>	60Mb	MPEG

**5.5 Diseño de la red**

Presentamos el diagrama físico del escenario descrito en el ítem 5.2.2

**5.5.1 Diagrama físico propuesto**



**Figura V.38 Diagrama Físico**

## 5.6 Configuración de la red

Para configurar la red necesitamos que el equipo portátil tenga encendido su dispositivo inalámbrico, que el router este configurado para trabajar bajo el estándar 802.11n.

Luego de tener los dispositivos listos procedemos a ejecutar el sniffer para poder recoger la información necesaria, para lo que debemos escoger los dispositivos a ser monitoreados en este caso la tarjeta inalámbrica del dispositivo portátil.



Figura V.39 RouterBelkin N Wireless

El Belkin N WirelessRouter se limita a hacer aquello para lo que estaba destinado en primera instancia: **ofrecer acceso a Internet y a redes inalámbricas a la máxima velocidad posible.** Aunque dicha tarea se nota menos en las conexiones Ethernet 10/100 convencionales que podemos usar sin problemas, sí que se aprecia una diferencia impresionante cuando hacemos uso de la conectividad 802.11n.

Para la ingresar a la configuración del router ingresamos mediante un navegador con la dirección 192.168.2.1 y se nos presentara la siguiente pantalla la cual nos facilita cambiar distintos apartados de su configuración.

The screenshot shows the BELKIN Router Setup web interface. The top navigation bar includes 'Home', 'Help', 'Log out', and 'Internet Status: Not connected'. The left sidebar lists various configuration sections: LAN Setup, Wireless, Firewall, and WAN. The main content area is titled 'Status' and contains several information tables.

**Language**

Current Language	English
Available Languages	English, Français, Deutsch, Español, Nederlands, Italiano

**Version Info**

Firmware Version	1.01.03 (Jul 9 2008 17:47:32)
Boot Version	03.01
Hardware	F2D8636-4v1 (01)
Serial No.	128266602002

**LAN Settings**

LAN/WLAN MAC	00 10 0F E3 94 07
IP Address	192.168.2.1
Subnet Mask	255.255.255.0
DHCP Server	Enabled (i LAN, WLAN Only)

**Internet Settings**

WAN/WAN2 Address	00-11-40-5A-75-01 (Clone MAC)
Connection Type	PPPoE
WAN IP	N/A
Subnet Mask	N/A
Default Gateway	N/A
DNS Address	N/A

**Features**

Firewall Settings	Enabled
SSH	Default: N/A, 01-01-07
Security Log	Disabled
IPoP	Enabled
Remote Management	Disabled
WPS	Enabled

**WAN**

Type	Internet Only
Mode	Normal

Figura V.40 Pantalla de Configuración del Router

Entre esos parámetros por supuesto encontraremos aquellos destinados a la configuración de las redes inalámbricas y su seguridad. Podremos establecer una red combinada que soporte estándares antiguos o bien una red que sólo opere con tarjetas y chips 802.11n, y conjuntamente podremos predefinir la contraseña de acceso según el estándar de seguridad que elijamos. WEP está soportado, pero no es nada recomendable, así que **os aconsejamos WPA/WPA2, un sistema mucho más tranquilizador** a la hora de evitar posibles intrusiones en nuestras redes Wi-Fi.

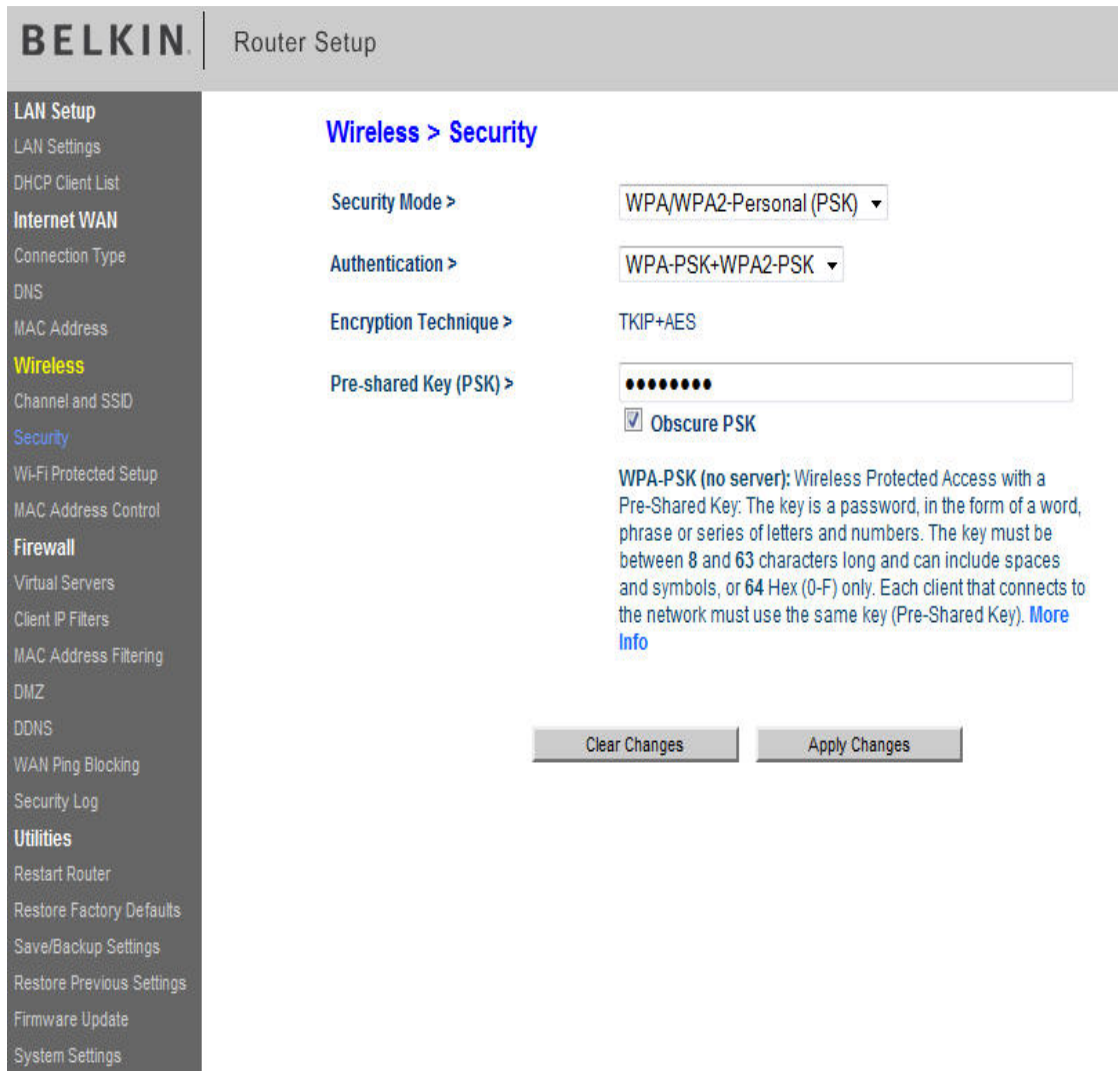


Figura V.41 Pantalla de Configuración de Redes

El router cuenta además con un firewall integrado que podremos configurar para dar acceso a distintos puertos y también a las cuotas de acceso para distintas IPs, pero además tenemos la opción de configurar un equipo **para que tenga acceso abierto a través del sistema DMZ** -por ejemplo, para evitar *lagsen* juegos *on-line*, aunque eso también significa mayor peligro de intrusiones en ese equipo.

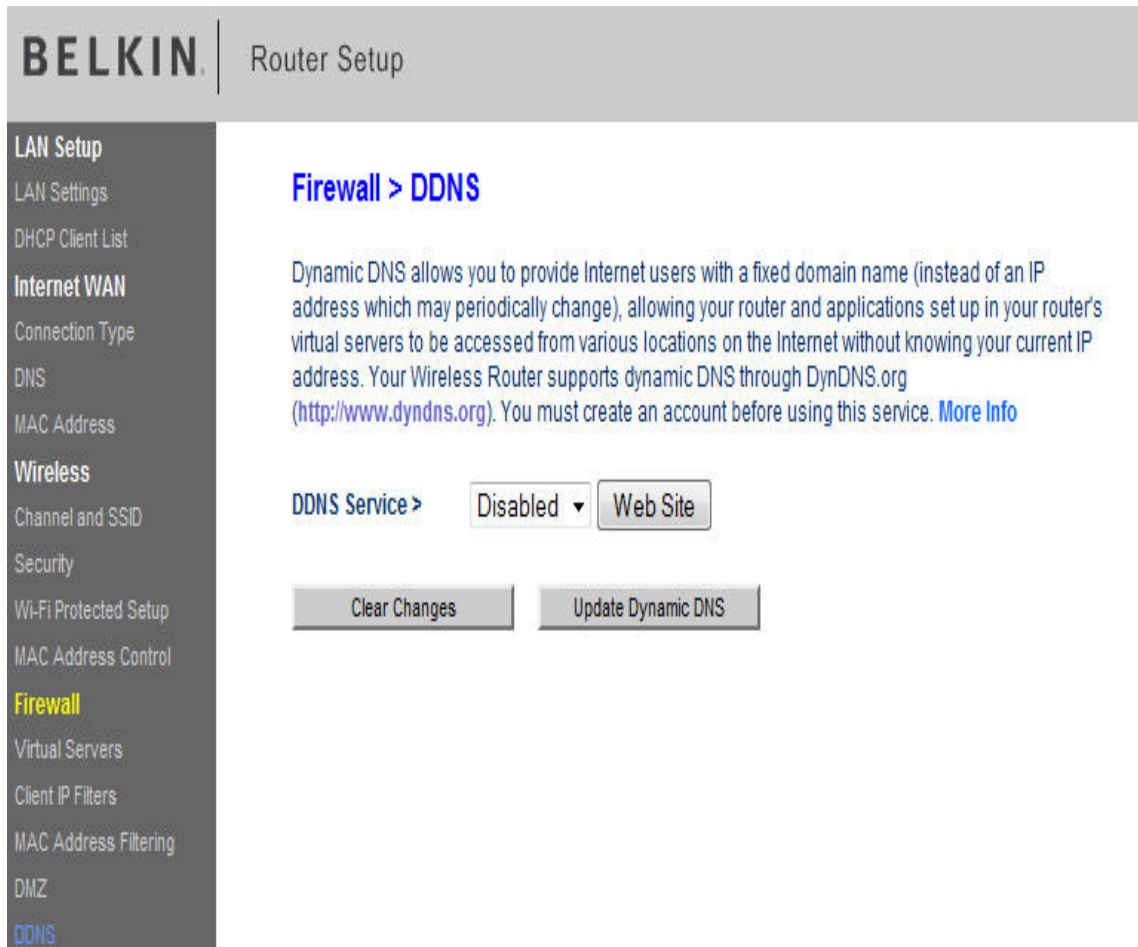


Figura V.42 Pantalla de Configuración de Firewall

## 5.7 Herramientas de análisis wireless

### 5.7.1 Mediciones usando las herramientas de análisis

#### Fuerza de la señal

Para medir la fuerza de la señal usamos la opción del estado de la conexión de red inalámbrica, que nos presenta el equipo.



Figura V.43 Intensidad de la señal

### La tasa de ancho de banda utilizado para la transmisión de archivos

#### Archivos de texto

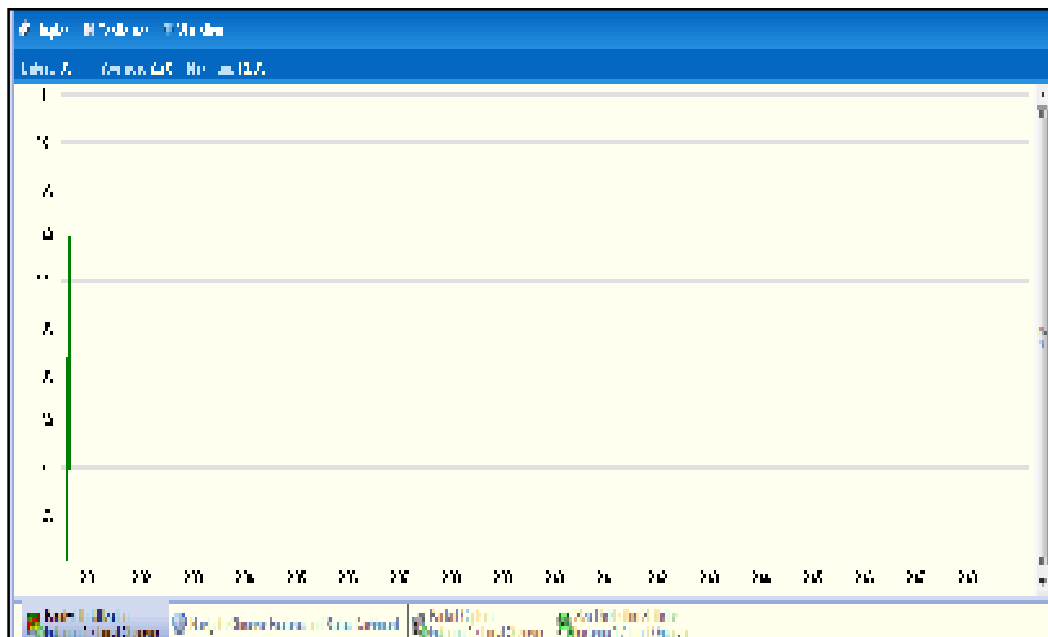


Figura V.44 Pantalla del porcentaje de uso del ancho de banda



### Archivos de audio

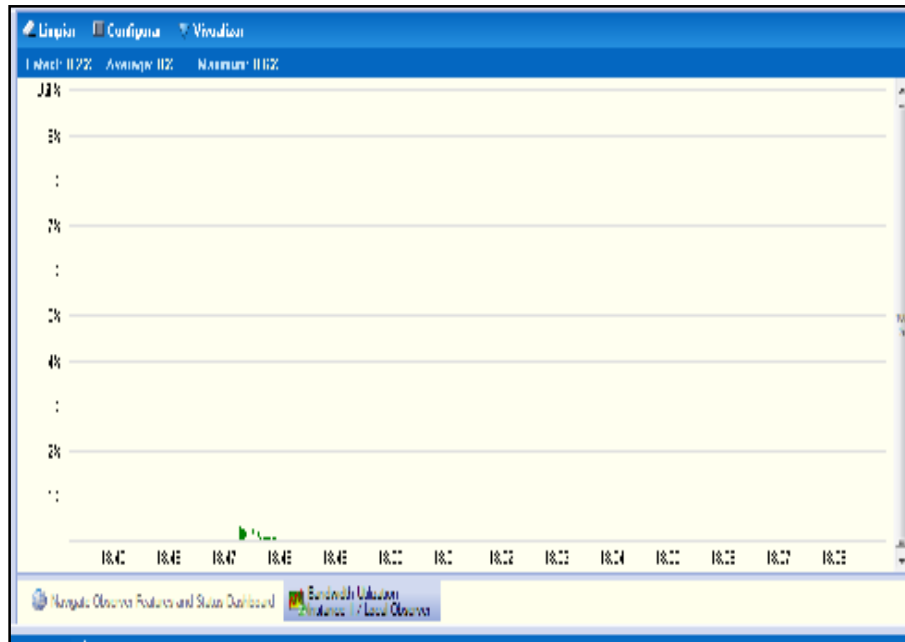


Figura V.45 Pantalla del porcentaje de uso del ancho de banda

### Archivos de video

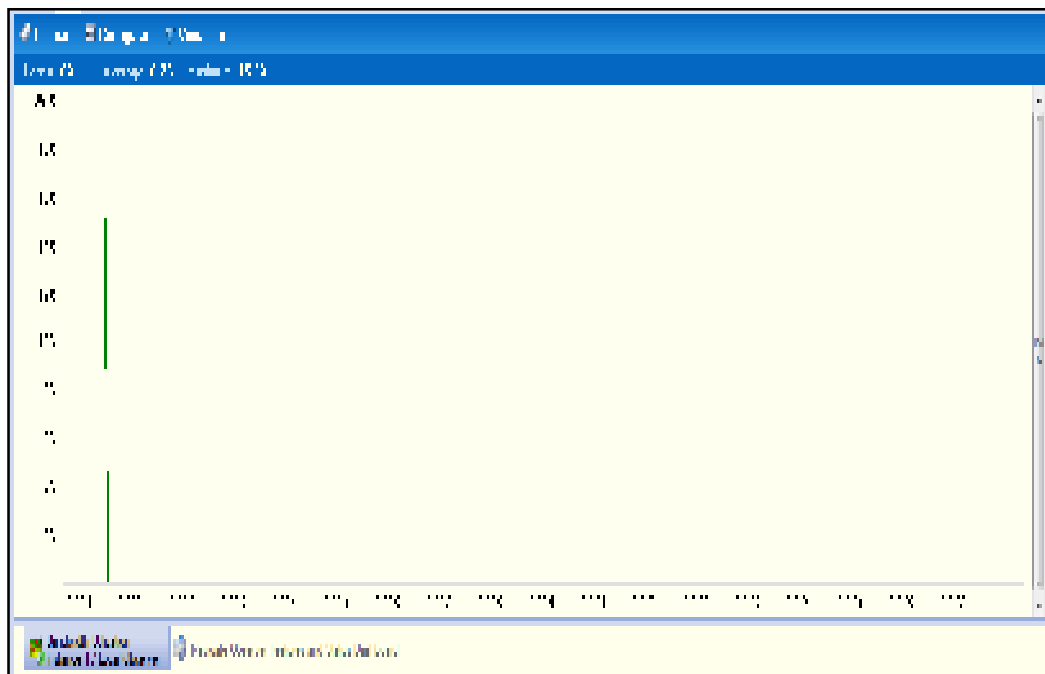


Figura V.46 Pantalla del porcentaje de uso del ancho de banda

## La velocidad de transmisión

### Archivo de texto

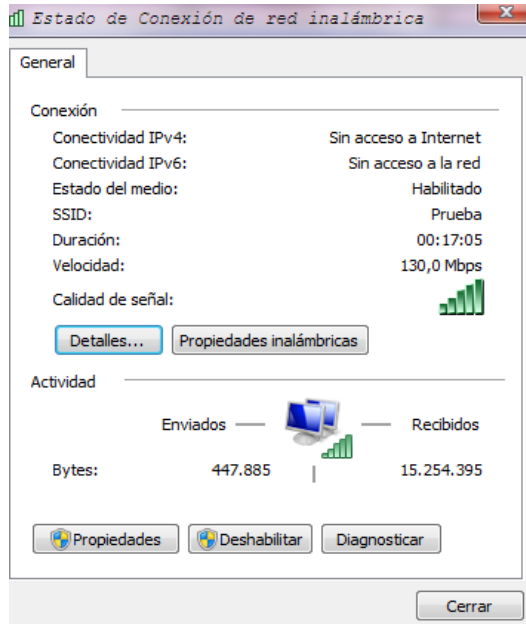


Figura V.47 Pantalla de la velocidad de transmisión de texto

### Archivos de audio

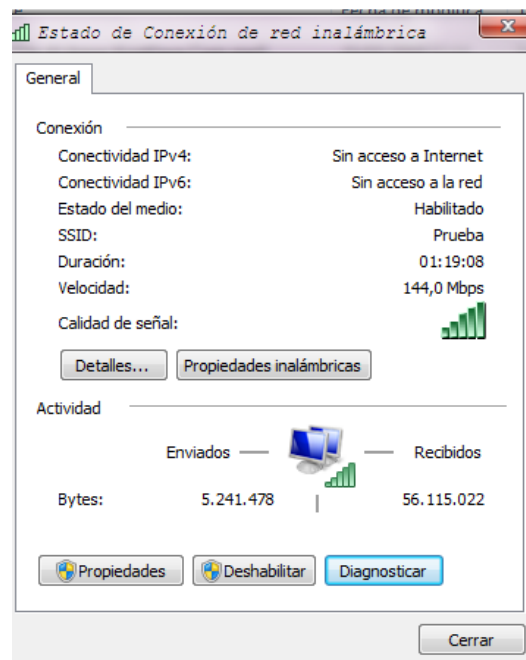


Figura V.48 Pantalla de la velocidad de transmisión de audio

Archivo de video

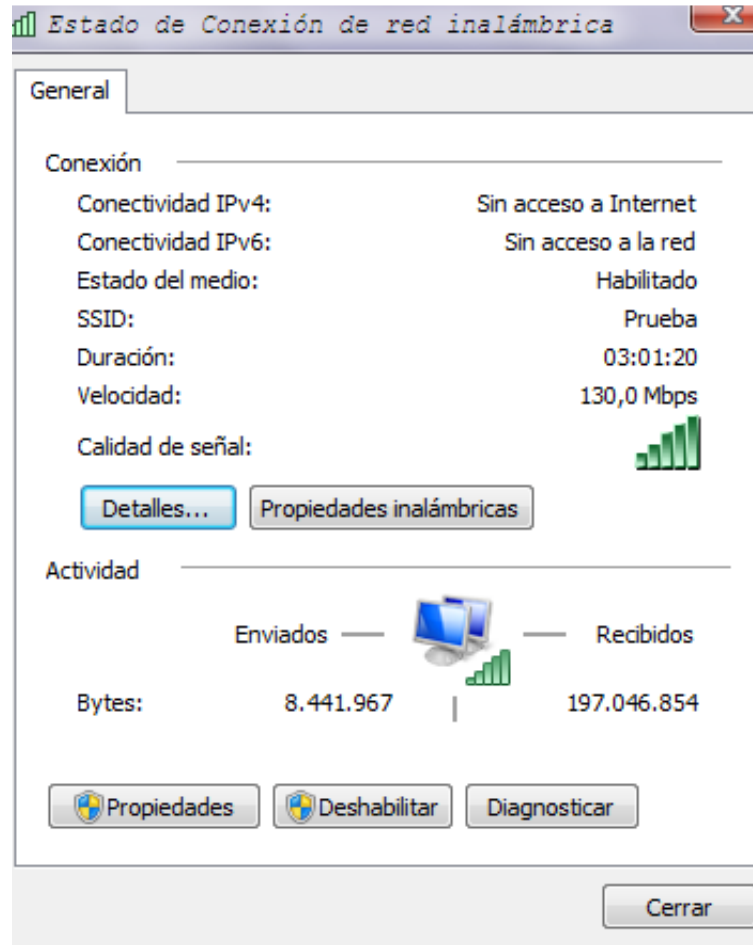


Figura V.49 Pantalla de la velocidad de transmisión de video

## CONCLUSIONES

- 1) Mediante la realización del estudio comparativo se puede notar claramente que el estándar 802.11n es el estándar que mejor transmite datos de texto, audio y video.
- 2) Tanto el estándar 82.11n, y 802.11b/g aceptan conexiones punto a punto(topología propuesta para este estudio de tesis), además trabajan en la banda de frecuencia de 2,4 GHz, en lo referente a cobertura la primera llega perfectamente a cubrir el área de una área mayor que el estándar 802.11b/g
- 3) Hemos comprobado que la fiabilidad o fuerza de la señal es mejor en el estándar 802,11n ya que muestra un 68,75% mientras que el b/g un 43,75% además en el ancho de banda también obtuvo un mejor porcentaje el 802.11n de un 88,89% frente al b/g que obtuvo un 72,22%, la Velocidad de transmisión fue el parámetro en el que mayor ventaja tuvo el 802.11n con un 86.11% con respecto al 802.11b/g con un 50% y en el tiempo de transmisión el **N** con un 83,33% y el **b/g** con un 63,89%, estos datos fueron tomados en base a la tabla IV.21 Resumen general de datos.
- 4) La hipótesis fue demostrada ya que el valor calculado en esta investigación fue el estándar 802.11n obtuvo un valor de 104 frente al 802.b/g que obtuvo 74 por tal queda demostrado que el estándar 802.11n es mejor que el 802.11b/g, aceptando así la hipótesis de la investigación.
- 5) El escenario idóneo para la transmisión de datos se estableció con dispositivos que tengan el estándar 802.11n.
- 6) El Software Observer escogido para el control de la red nos presta varios indicadores para establecer el funcionamiento de una red inalámbrica.

## **RECOMENDACIONES**

- 1) Investigar acerca de los nuevos estándares de la IEEE para la transmisión de datos para así estar más al tanto de la tecnología actual.
- 2) El estándar 802.11n es de probada eficiencia por lo que se recomienda el uso de dispositivos con este estándar para la transferencia de datos.
- 3) Identificar las ventajas y desventajas de cada uno de los estándares para así poderlos utilizar con mayor efectividad.
- 4) Realizar nuevos trabajos de investigación estableciendo otros componentes de los dispositivos para verificar si esto puede afectar el comportamiento de los estándares.
- 5) Realizar las pruebas de los escenarios planteados en diversas condiciones del clima para ver si afectaría los resultados.
- 6) Recomendamos usar el estándar 802.11 b/g cuando las necesidades de los usuarios sean básicas.

## RESUMEN

Se realizó el estudio del rendimiento del estándar 802.11n en comparación con dispositivos con estándar 802.11 b/g para obtener el óptimo para la transmisión de datos en redes inalámbricas.

En un ambiente de pruebas se utilizaron varios equipos como: ROUTER BELKIN N, computador de escritorio, dos computadoras portátiles con tarjetas inalámbricas una con el estándar 802.11n y otra con el 802.11b/g. Se configuraron correctamente los equipos para realizar las pruebas en los escenarios planteados con cada uno de los tipos, se transmitieron datos de texto, audio y video de diferentes tamaños, tomándose como parámetros de rendimiento la fiabilidad o fuerza de la señal, consumo de ancho de banda, velocidad de transmisión y tiempo de transmisión; para medir los parámetros planteados se utilizó el software de análisis Inalámbrico **Observer**.

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas son que la fiabilidad o fuerza de la señal, el ancho de banda, la velocidad de transmisión y el tiempo de transmisión siempre fueron mejor con el estándar 802.11 **N** que obtuvo un puntaje de 104, mientras que el **b/g** obtuvo 74 puntos del puntaje óptimo que es de 124, por lo tanto queda así demostrado que “el estándar 802.11n tiene mejor rendimiento que el estándar 802.11b/g en la transmisión de datos”.

Con el estudio concluido se logra establecer que el estándar 802.11n es el óptimo para la transmisión de datos, por lo cual se recomienda utilizar equipos que tengan este estándar para la transmisión de datos en redes inalámbricas.

## **SUMMARY**

A study was carried out about the 802.11n standard efficiency in the comparison with devices with 802.11b/g in order to get the most optimal transmission data in wireless networks.

In a test environment using many types of equipment such as: BELKIN N ROUTER, desktop computer, two laptops with wireless card one with 802.11n standard and other with 802.11b/g. The equipments were properly configured to perform the tests in the cases presented. With each one transmitting the same text data, audio and video with different sizes for both, some parameters were studied as: the reliability or signal strength, bandwidth consumption, transmission speed, transmission time; to measure the parameters presented the Observer wireless network analysis software was used for the wireless network control.

The results obtained from the tests were the reliability or signal strength, bandwidth, the transmission speed and transmission time always were the best with 802.11N standard getting a 104 scoring, while the B/G got 74 points the optimum scoring is the 124, proving that “the 802.11n standard has the best efficiency with the 802.11b/g in data transmission” .

With the study concluded the 802.11n standard is the optimum for data transmission, it is recommend to use equipments with this standard for the data transmission in wireless networks.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **A**

#### **AES (Advanced Encryption Standard)**

Estandár avanzado de cifrado. Con claves en tamaños '128 bits', '192 bits', '256 bits'.

#### **Ancho de Banda**

Este término define la cantidad de datos que puede ser enviada en un periodo de tiempo determinado a través de un circuito de comunicación dado.

### **C**

#### **CDMA (Acceso Múltiple por División de Códigos)**

Un tipo de comunicación celular digital que asigna un código numérico exclusivo a cada conversación inalámbrica, por lo cual es posible transmitir cierta cantidad de llamadas simultáneamente en una frecuencia radiofónica. El CDMA utiliza un método por espectro ensanchado para dispersar la señal digital a lo ancho de 1.25 MHz.

### **D**

#### **DES (Data Encryption Standard)**

Algoritmo que codifica los textos haciendo bloques de datos de 64 bits y utilizando una clave de 56 bits. Existe otra modalidad más avanzada denominada 3DES que utiliza el algoritmo DES tres veces. Hay varios tipos de algoritmo 3DES en función del número de claves que utilicen y de la longitud de éstas.

### **I**

#### **IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)**

Formado a fecha de julio de 2003 por 377.000 miembros en 150 países. Cuenta con 900 estándares activos y 700 en desarrollo.

#### **IP (Internet Protocol)**

Protocolo para transmitir la data entre aparatos conectado al Internet.



## **L**

### **LOS (Line of Sight)**

Relacionado a la operación radio, línea visual sin interrumpir.

## **O**

### **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: Multiplexión por División de Frecuencia Ortogonal)**

Técnica para la modulación de información digital en una señal de radio transportadora analógica. Conocida también como DMT (Discrete Multitone Modulation: Modulación Distinta Multitono). Esta modulación es utilizada en los estándares 802.11a/g, y 802.16.

## **P**

### **Protocolo**

Estándar establecido. En lo referente a conectividad de redes, el empleo de un protocolo se realiza para direccionar y asegurar la entrega de paquetes a través de la red.

## **R**

### **RF (Radiofrecuencia)**

Una señal de radio.

## **W**

### **WPAN**

Red inalámbrica con un alcance de unas decenas de metros.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. DELGADO, H, Redes Inalámbricas. Editorial Intertel. Buenos Aires – Argentina, 2009, P.15

## **BIBLIOGRAFÍA INTERNET**

1. RED INALAMBRICA

[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica)

[http://WWW.Redes\\_Inalámbricas\\_instalación\\_y\\_configuración](http://WWW.Redes_Inalámbricas_instalación_y_configuración)

[http://www.allietti.com/tutorials/WALCs/walc2007/track\\_4/performance\\_concpts.pdf](http://www.allietti.com/tutorials/WALCs/walc2007/track_4/performance_concpts.pdf)

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>

(2010 – 05 – 20)

2. ESTANDARES 802.11

[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

[http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11b](http://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11b)

[http://rinuex.unex.es/modules.php?o=  
name=Articulos&file=91&mode=thread&order](http://rinuex.unex.es/modules.php?o=name=Articulos&file=91&mode=thread&order)

<http://www.uninett.no/wlan/download>

[http://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?hl=es&sl=en&u=](http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&sl=en&u=)

<http://cachanilla.itmexicali.edu.mx/~adiaz/Publicaciones/Estandar80211.pdf>

[http://translate.googleusercontent.com/translate\\_c?hl=es&sl=en&u=](http://translate.googleusercontent.com/translate_c?hl=es&sl=en&u=)

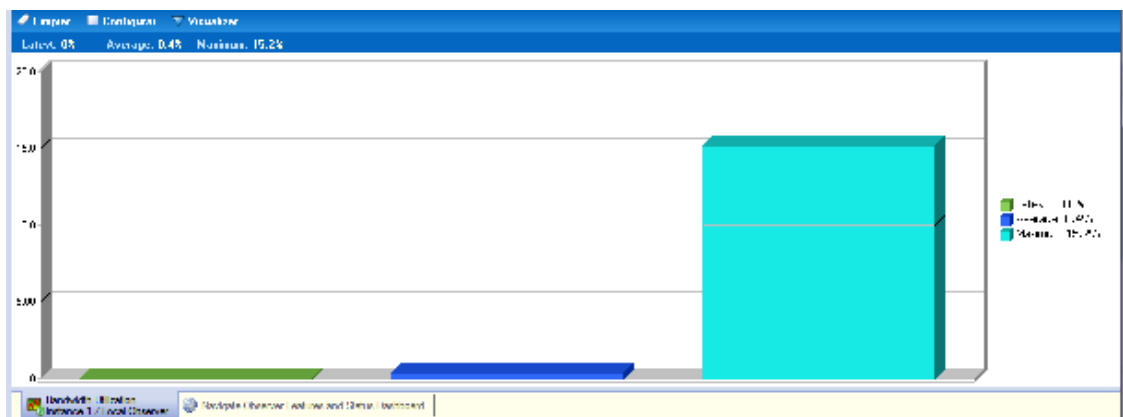
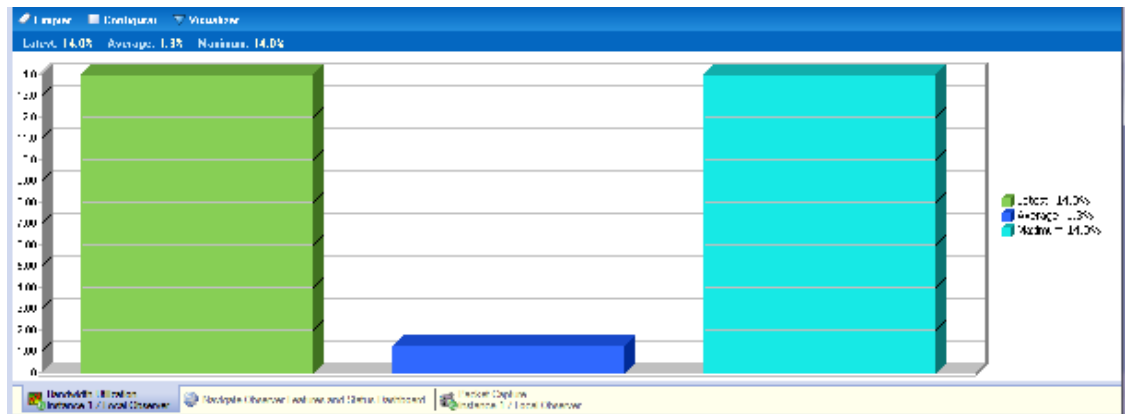
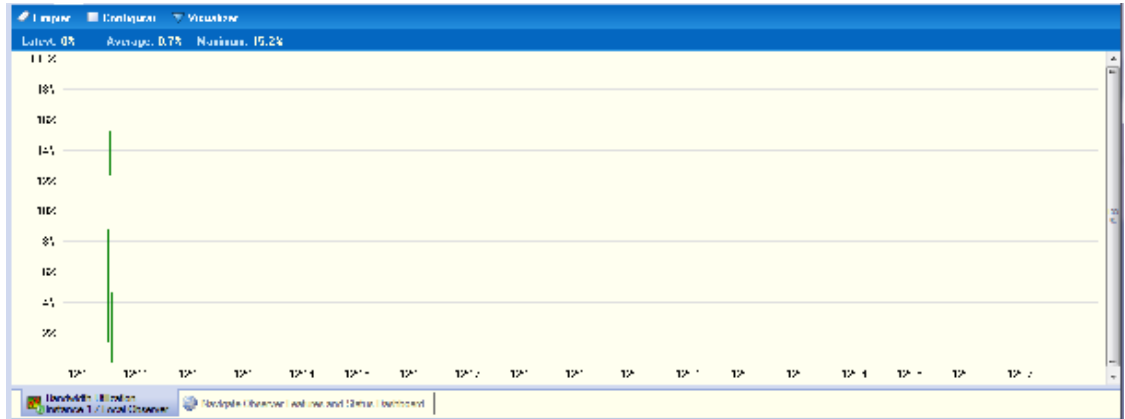
[http://cachanilla.Estandar80211.pdf.worldlingo.com/ma/enwiki/es/IEEE\\_802.11](http://cachanilla.Estandar80211.pdf.worldlingo.com/ma/enwiki/es/IEEE_802.11)

(2010 – 09 – 15)

# ANEXOS

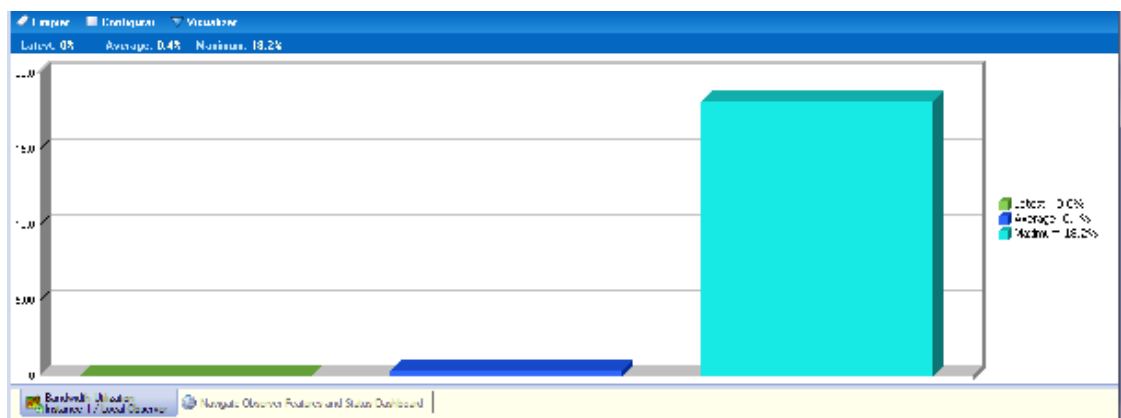
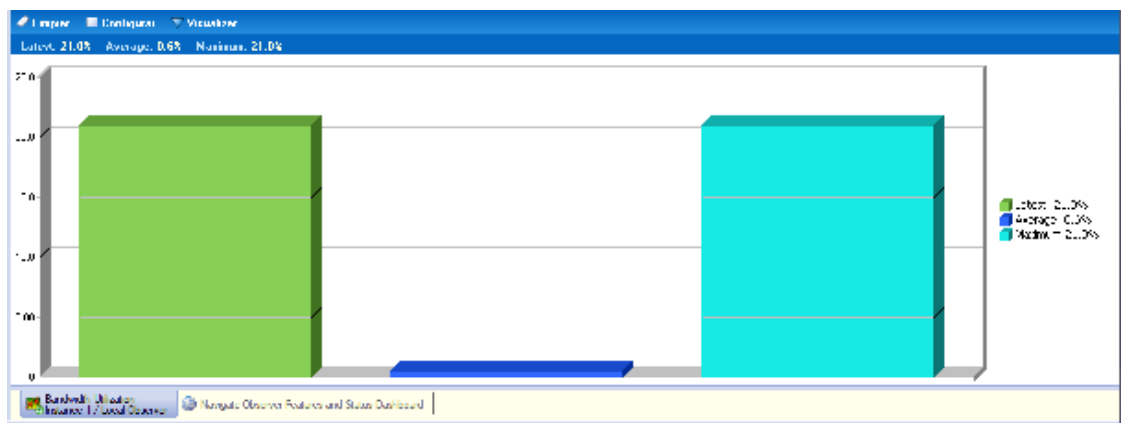
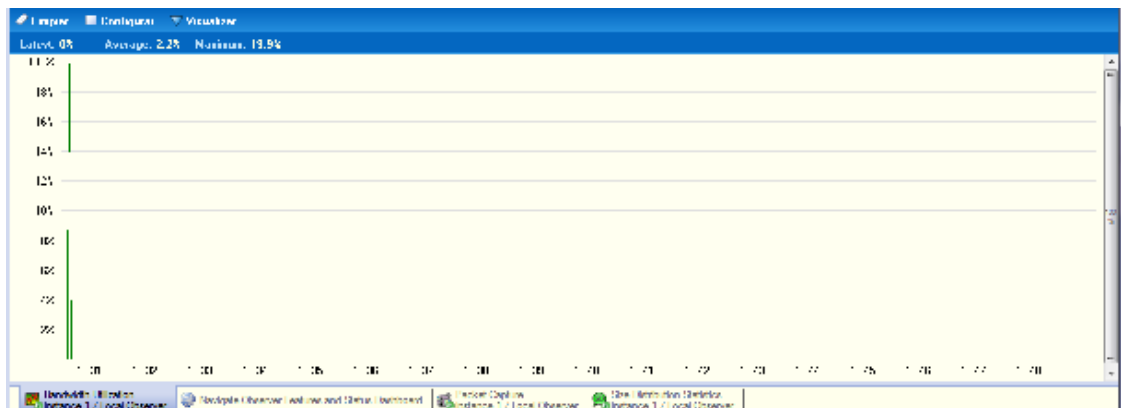
**ANEXOS A**  
**PANTALLAS DE TRANSMISION DE DATOS**

# DATOS 1





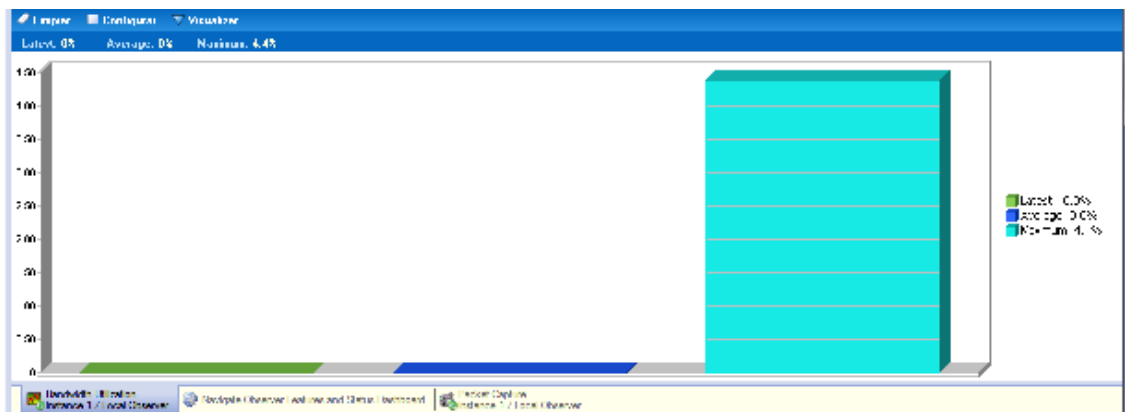
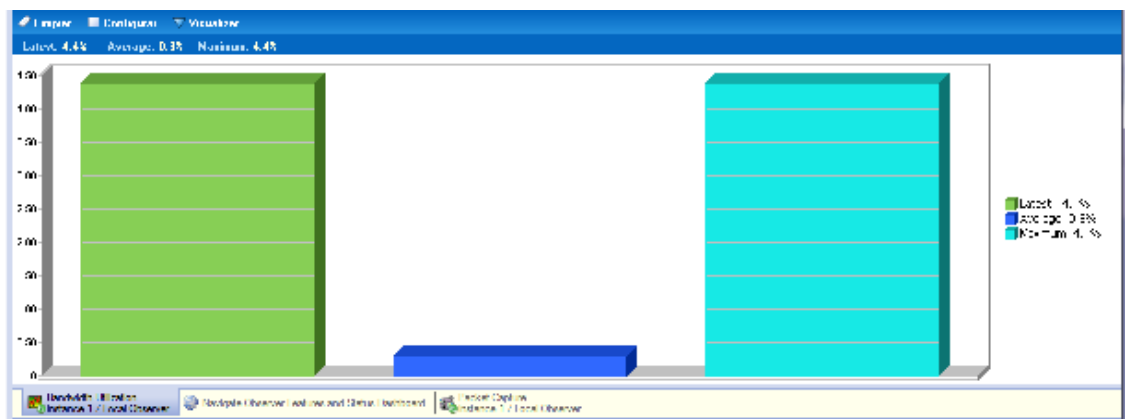
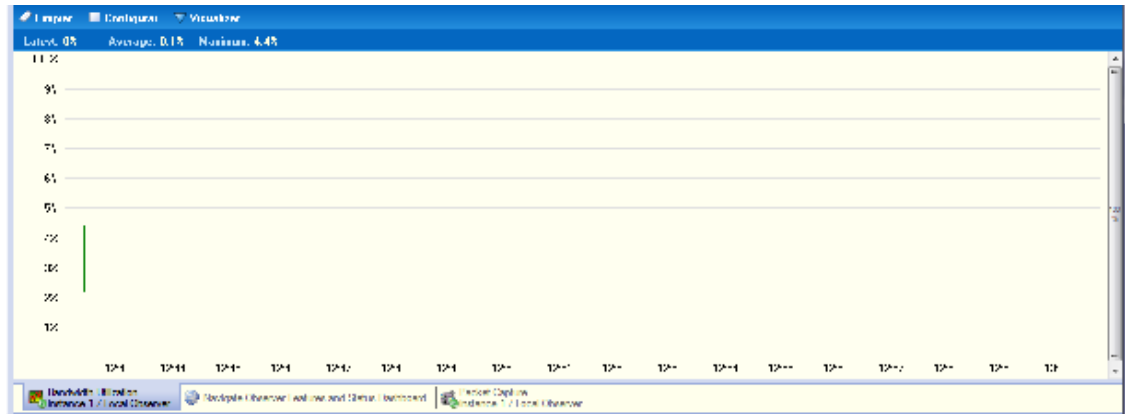
## DATOS 2







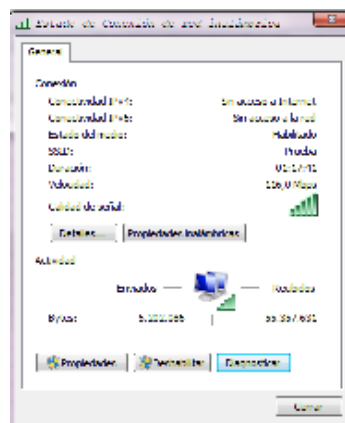
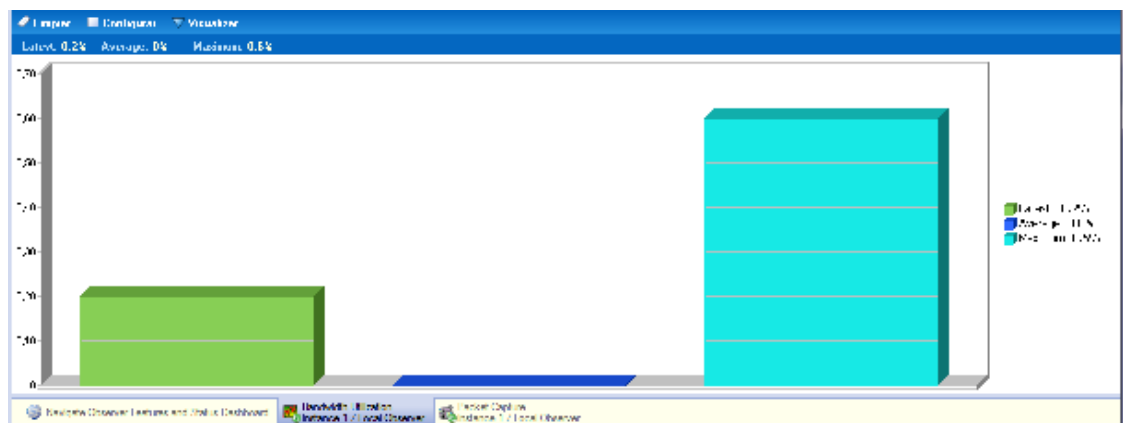
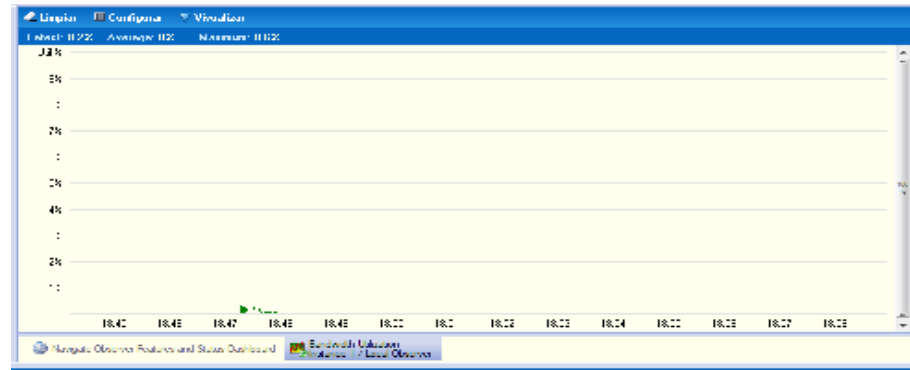
## DATOS 3





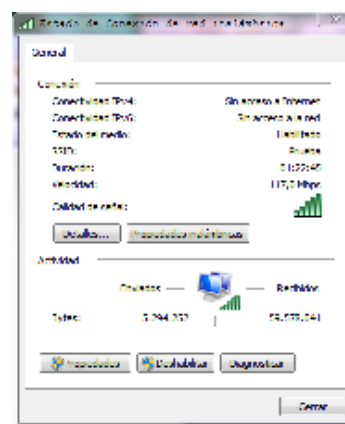
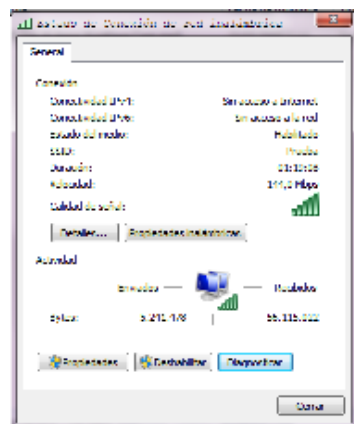
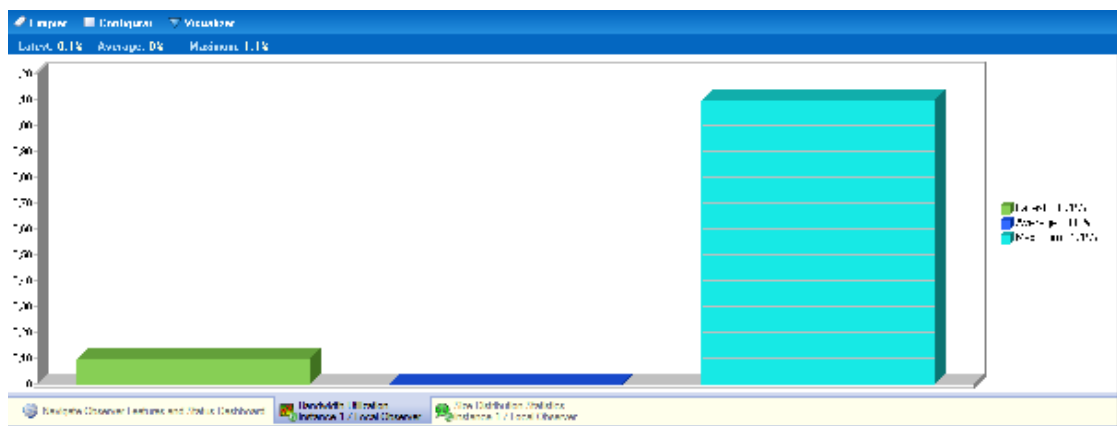
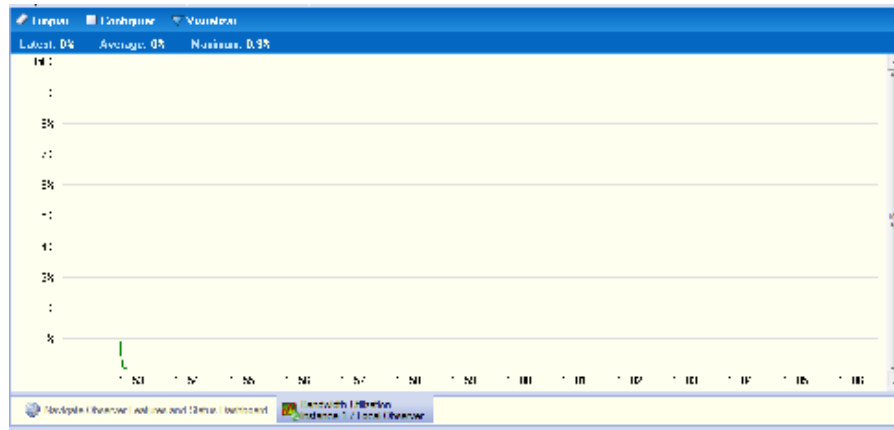
**ANEXOS B**  
**PANTALLAS DE TRANSMISION DE MUSICA**

# MÚSICA 1



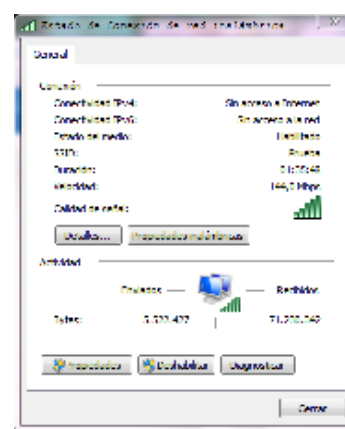
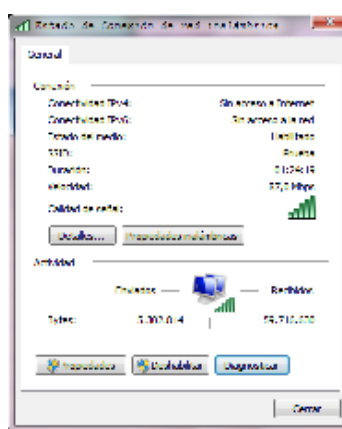
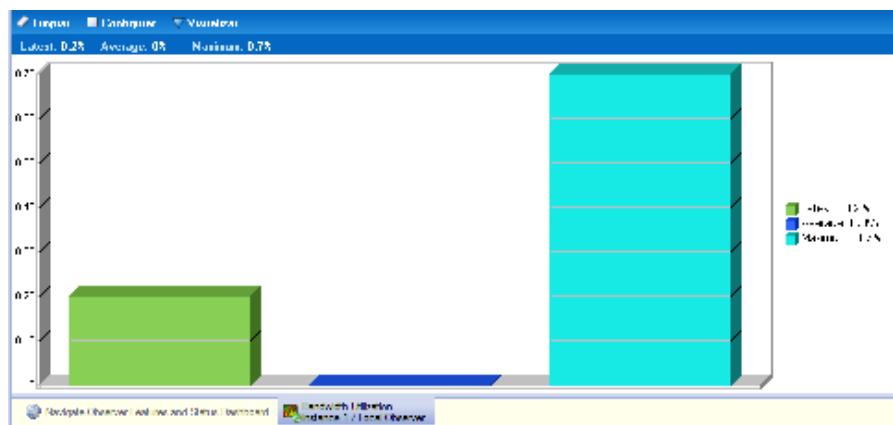
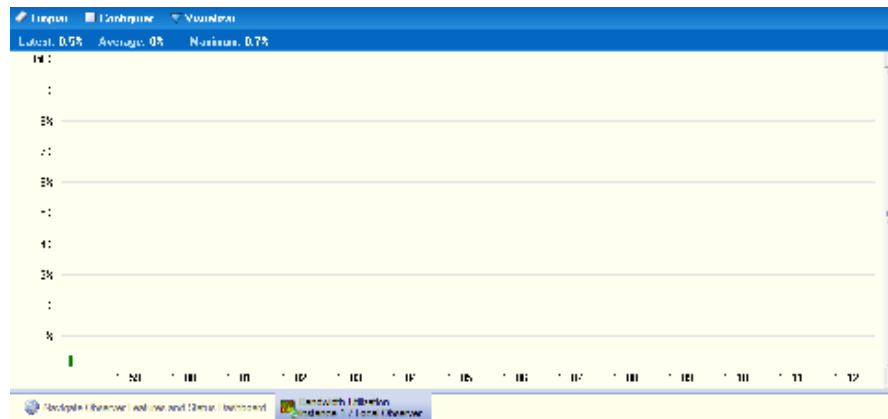


## MÚSICA 2





# MÚSICA 3

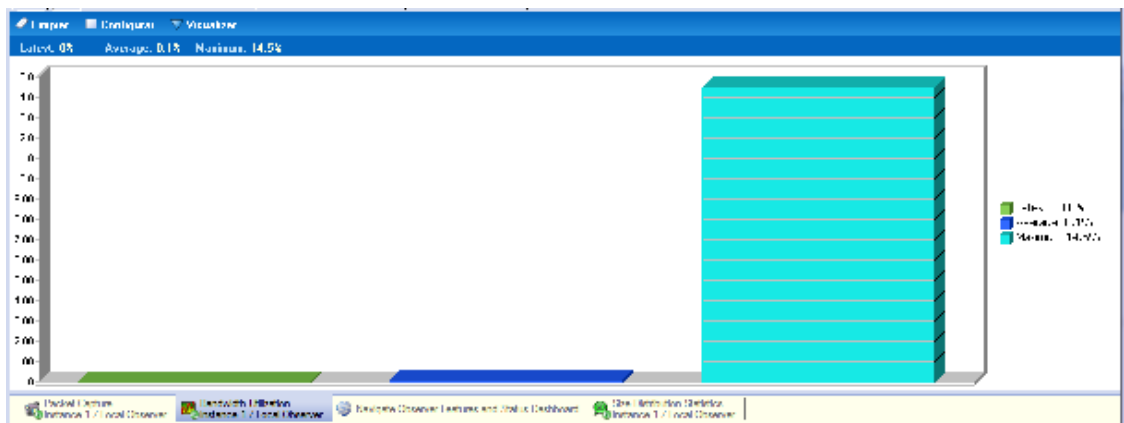
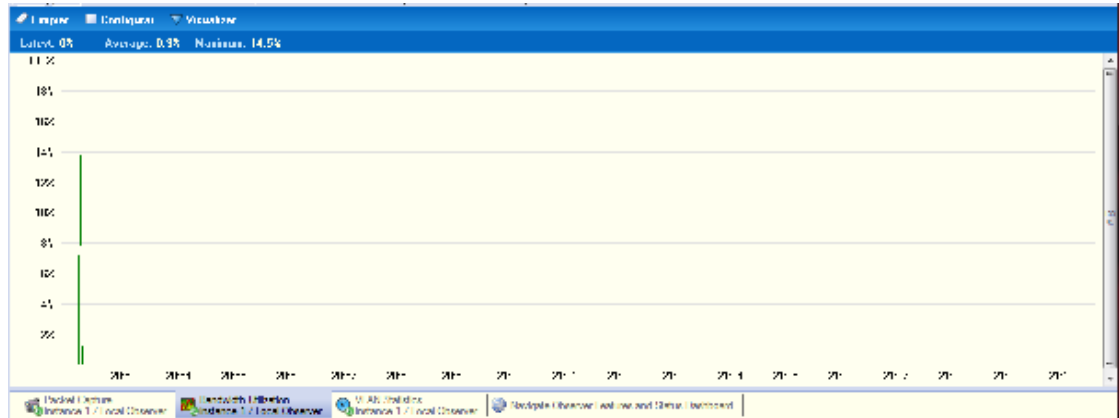






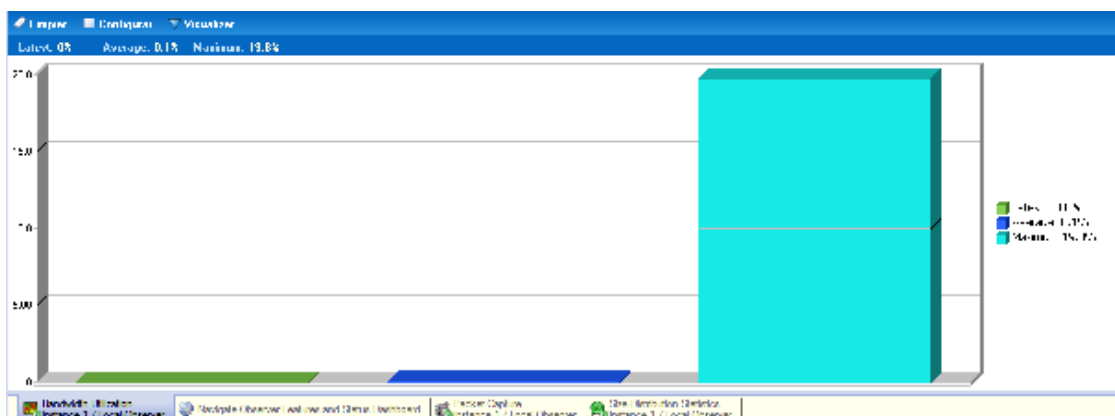
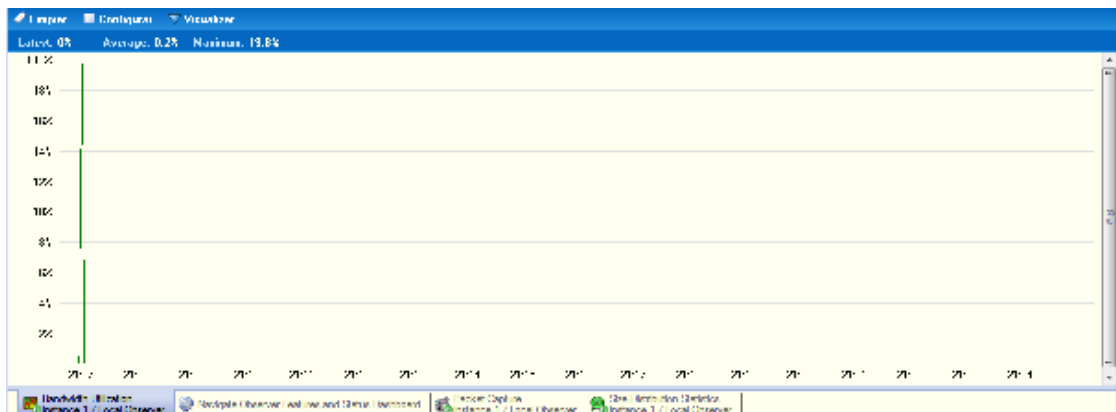
**ANEXOS C**  
**PANTALLAS DE TRANSMISION DE VIDEOS**

# VIDEO 1





## VIDEO 2



Unidad de disco | Home | Tráfico | Configuración | Visualización

Estado: Wed Aug 11 21:08:18 | Estado: 7 | Paquetes: 370 | Bytes: 67210 | Filtros: Not using filters

Dirección	Dirección	Paquetes				Bytes				Comentarios
		Env.	Rec.	Total	%	Env.	Rec.	Total	%	
192.168.1.1	192.168.1.1	0	0	0	0.0	0	0	0.0		
192.168.1.100	192.168.1.100	60	190	250	67.6	12790	8100	20890	31.1	
192.168.1.101	192.168.1.101	100	200	300	81.3	20200	20200	40400	60.1	
192.168.1.102	192.168.1.102	100	170	270	73.0	4070	37160	41230	60.9	
192.168.1.103	192.168.1.103	0	10	10	2.7	1930	0	1930	2.9	
192.168.1.104	192.168.1.104	0	10	10	2.7	1930	0	1930	2.9	

Unidad de disco | Home | Tráfico | Configuración | Visualización | Herramientas

Unidad de disco | Home | Tráfico | Configuración | Visualización | Herramientas

Unidad de disco | Home | Tráfico | Configuración | Visualización | Herramientas

Paquetes: 26 | Bytes: 0 | Filtros: Auto Created Filter/Vlan: 1 / AutoCreatedHq/Filtros | Estado: No scheduling

Evento	Valor
Paquetes capturados	26
Paquetes descartados	0
Bytes	0
Paquetes capturados	26
Bytes	0
Paquetes descartados	0
Bytes	0
Paquetes capturados	26
Bytes	0
Paquetes descartados	0
Bytes	0

Unidad de disco | Home | Tráfico | Configuración | Visualización | Herramientas

Unidad de disco | Home | Tráfico | Configuración | Visualización | Herramientas

Estado de Conexión de red inalámbrica

General

Conexión

Conectividad IPv4: Sin acceso a Internet

Conectividad IPv6: Sin acceso a la red

Estado del medio: Habilitado

SSID: Prueba

Duración: 02:59:43

Velocidad: 130,0 Mbps

Calidad de señal:

Detalles... Propiedades inalámbricas

Actividad

Enviados: Recibidos:

Bytes: 8.417.538 | 197.031.765

Propiedades Deshabilitar Diagnosticar

Cerrar

Estado de Conexión de red inalámbrica

General

Conexión

Conectividad IPv4: Sin acceso a Internet

Conectividad IPv6: Sin acceso a la red

Estado del medio: Habilitado

SSID: Prueba

Duración: 03:01:30

Velocidad: 130,0 Mbps

Calidad de señal:

Detalles... Propiedades inalámbricas

Actividad

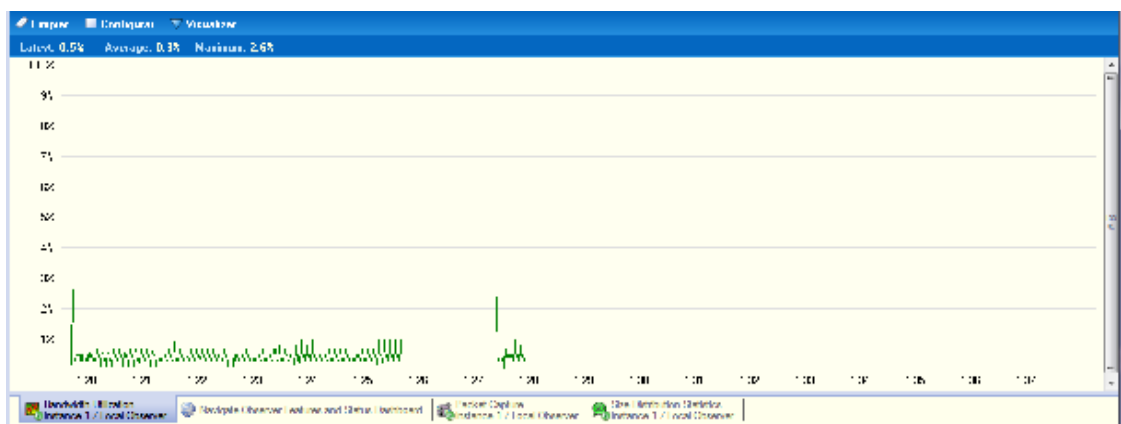
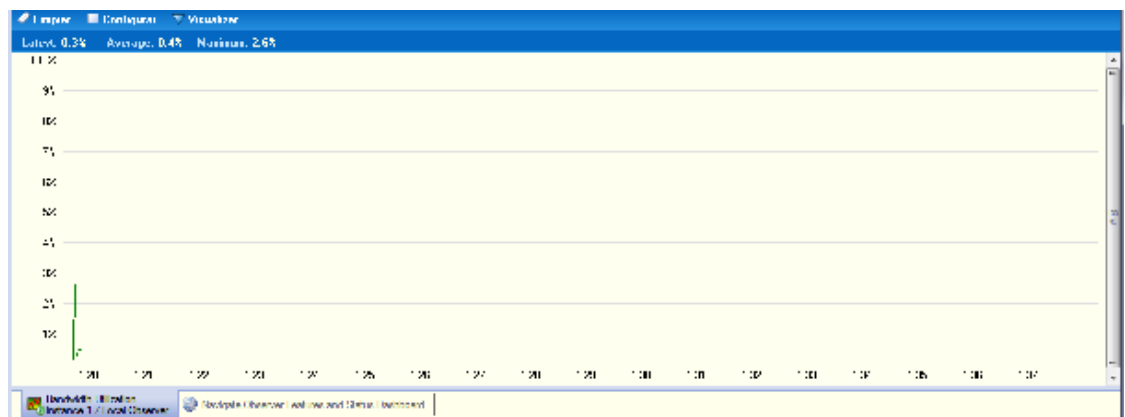
Enviados: Recibidos:

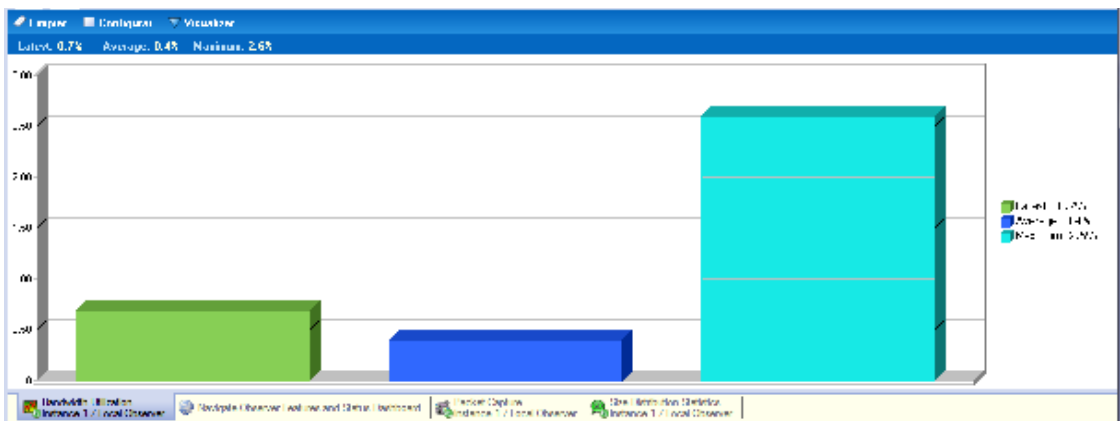
Bytes: 3.441.937 | 47.040.074

Propiedades Deshabilitar Diagnosticar

Cerrar

### VIDEO 3





Summary: Started: Wed Aug 11 21:21:05 Station: 4 Packets: 10000 Bytes: 11.36K Filter: Not using filters

Filter	Address	Count	Bytes	Filter	Count	Bytes	Filter	Count	Bytes
eth0:10.0.2.1	10.0.2.1	2100	10200	eth0:10.0.2.1	1100	10200	eth0:10.0.2.1	1100	10200
eth0:10.0.2.1	10.0.2.1	2400	7480	eth0:10.0.2.1	4800	16500	eth0:10.0.2.1	1100	10200
eth0:10.0.2.1	10.0.2.1	0	0	eth0:10.0.2.1	0	0	eth0:10.0.2.1	0	0
eth0:10.0.2.1	10.0.2.1	60	70	eth0:10.0.2.1	0.002	1.7	eth0:10.0.2.1	890	1790

Summary: Packets: 84 Bytes: 5.0K Filter: Auto-Created Filter/Instances: 1 / Auto-Created/Host/Filter Selected: By scheduling

Filter	Count
eth0:10.0.2.1	107
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	21
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	107
eth0:10.0.2.1	2110
eth0:10.0.2.1	0
eth0:10.0.2.1	0

Tarjeta de Conexión de Red - Configuración

Conexión: Conexión IPv4: Sin acceso a Internet

Conexión IPv6: Sin acceso a Internet

Protocolo de red: IPv4

MTU: Prueba

Duración: 03:15:45

Velocidad: 100 Mbps

Calidad de señal:

Activar:

Proteger:

Nombre: 4.215.214 | 303.273.090

Botones:

Tarjeta de Conexión de Red - Configuración

Conexión: Conexión IPv4: Sin acceso a Internet

Conexión IPv6: Sin acceso a Internet

Protocolo de red: IPv4

MTU: Prueba

Duración: 03:14:30

Velocidad: 144.0 Mbps

Calidad de señal:

Activar:

Proteger:

Nombre: 4.250.777 | 740.403.305

Botones:



**ANEXOS D**  
**DATOS OBTENIDOS**

	Calidad de la Señal	
	N	B/G
5m	100	100
20m	80	40
35m	40	20
50m	20	0

## CALIDAD DE LA SEÑAL

## DATOS

### Ancho de Banda

	N	B/G
Datos 1	9	50
Datos 2	32	83,8
Datos 3	40	99,2

### Velocidad de Transmisión

	N	B/G
Datos 1	52,77	27,08
Datos 2	70,13	27,08
Datos 3	85,76	38,5

## Tiempo de Transmisión

	N	B/G
Datos 1	24,41	48,16
Datos 2	40,75	80,16
Datos 3	50,41	95,16

## MUSICA

### Ancho de Banda

	N	B/G
Música 1	1,4	8,4
Música 2	2,8	17,8
Música 3	1,8	9

### Velocidad de Transmisión

	N	B/G
Música 1	85,93	27,08
Música 2	66,66	31,25
Música 3	82,81	34,37

## Tiempo de Transmisión

	N	B/G
<b>Música 1</b>	16,08	20,41
<b>Música 2</b>	11,08	13
<b>Música 3</b>	13,83	16

## VIDEO

### Ancho de Banda

	N	B/G
<b>Video 1</b>	31	86,6
<b>Video 2</b>	40,2	40,2
<b>video 3</b>	7,2	31,2

### Velocidad de Transmisión

	N	B/G
<b>Video 1</b>	69,44	30,2
<b>Video 2</b>	54,51	27,08
<b>video 3</b>	90,45	30,2

### Tiempo de Transmisión

	<b>N</b>	<b>B/G</b>
<b>Video 1</b>	44,41	43,66
<b>Video 2</b>	64,91	89,66
<b>video 3</b>	22,08	26,41

**ANEXO E**  
**PONDERACIONES**

	B/G							
	5m	%	20m	%	35m	%	50m	%
	Excelente	100	Regular	40	Baja	20	Sin Señal	0
	N							
	Excelente	100	Buena	80	Regular	40	Baja	20

### **CALIDAD DE LA SEÑAL**

<b>Excelente</b>	<b>100</b>
<b>Buena</b>	80
<b>Media</b>	60
<b>Regular</b>	40
<b>Baja</b>	20
<b>Sin señal</b>	0

Siendo E =100%

## **DATOS**

### **Ancho de banda**

Siendo 25=100%

	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>B/G</b>	<b>%</b>
<b>Datos 1</b>	2,25	9	12,5	50
<b>Datos 2</b>	8,05	32,2	20,95	83,8
<b>Datos 3</b>	10	40	24,8	99,2

### **Velocidad de Transmisión**

Siendo 144=100%

	<b>N</b>	<b>%</b>	<b>B/G</b>	<b>%</b>
<b>Datos 1</b>	76	52,77	39	27,08
<b>Datos 2</b>	123,5	85,76	39	27,08
<b>Datos 3</b>	101	70,13	54	37,5

### **Tiempo de Transmisión**

Siendo 12=100%

	N	%	B/G	%
Datos 1	2,93	24,41	5,78	48,16
Datos 2	4,89	40,75	9,62	80,16
Datos 3	6,05	50,41	11,42	95,16

## MUSICA

### Ancho de Banda

Siendo 25=100%

	N	%	B/G	%
Música 1	0,35	1,4	2,1	8,4
Música 2	0,7	2,8	4,45	17,8
Música 3	0,45	1,8	2,25	9

### Velocidad de Transmisión

Siendo 144=100%

	N	%	B/G	%
Música 1	123,75	85,93	39	27,08
Música 2	96	66,66	45	31,25
Música 3	119,25	82,81	49,5	34,37

### Tiempo de Transmisión



Siendo 12=100%

	N	%	B/G	%
<b>Música 1</b>	1,93	16,08	2,45	20,41
<b>Música 2</b>	1,33	11,08	1,56	13
<b>Música 3</b>	1,66	13,83	1,92	16

## **VIDEO**

### **Ancho de Banda**

Siendo 25=100%

	N	%	B/G	%
<b>Video 1</b>	7,75	31	21,65	86,6
<b>Video 2</b>	10,05	40,2	10,05	40,2
<b>video 3</b>	1,8	7,2	7,8	31,2

### **Velocidad de Transmisión**

Siendo 144=100%

	N	%	B/G	%
<b>Video 1</b>	100	69,44	43,5	30,2
<b>Video 2</b>	78,5	54,51	39	27,08
<b>video 3</b>	130,25	90,45	43,5	30,2

### **Tiempo de Transmisión**

Siendo 12=100%

	N	%	B/G	%
<b>Video 1</b>	5,33	44,41	5,24	43,66
<b>Video 2</b>	7,79	64,91	10,76	89,66
<b>video 3</b>	2,65	22,08	3,17	26,41