

# ESTUDIO PARA CONEXIÓN PUNTO A PUNTO DE INTERNET A 50 KILÓMETROS DE DISTANCIA UTILIZANDO BANDAS LIBRES

## STUDY FOR 50-KILOMETER-DISTANCE POINT-TO-POINT INTERNET USING FREE BANDS

ORLANDO PHILCO ASQUI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. luis.philco@cu.ucsg.edu.ec

### RESUMEN

Este trabajo tiene como objetivo principal establecer la conexión de internet punto a punto, entre la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo (FETD) y la finca Limoncito, utilizando frecuencia de bandas libres del espectro electromagnético, debido a la distancia (50 kilómetros), en el trayecto existen obstáculos y la curvatura de la tierra, que ponen en riesgo la "línea de vista" entre los puntos antes mencionados. Otro objetivo es evaluar el desempeño de dos estándares de transmisión de internet.

La metodología utilizada, es la pre-experimental con pos-prueba, el método; observacional y transeccional descriptivo, se implementaron dos redes prototipos, uno bajo estándar 802.11b y otro bajo 802.11n. En cada red, un computador, operaba como equipo transmisor, la distancia de separación fue 20 kilómetros del equipo receptor, se introducía en el equipo transmisor archivos ejecutables y datos, en el lado del receptor, se registró datos de pérdida de paquetes, de retardo, y ancho de banda, la medición, se hizo una única vez.

Los resultados que se obtuvieron indican que, el estándar 802.11n superó al estándar 802.11b en 30% en parámetros de ancho de banda y tiempo de transmisión, los fabricantes de equipos con este estándar indican valores de desempeño superior al 50%. Conclusiones, el estándar 802.11b, es susceptible a multitrayecto e interferencias, en cambio con el estándar 802.11n, tanto los paquetes perdidos y la latencia fueron mínimos. En base a simulaciones de radioenlace, es posible utilizar este estándar para enlazar dos puntos situados a 50 Kilometros.

**PALABRAS CLAVE:** Radio-enlace. 802.11b. 802.11n. Bandas libres. Radiomobile.

### ABSTRACT

*The main objective of this work is to establish the point-to-point internet protocol between the faculty of technical education for development (FETD in Spanish) and the Limoncito land using electromagnetic spectrum-free band frequency. Due to the distance (50km), obstacles exist in the path, which risk the view line between the aforementioned points. Another objective of this research is to analyze the development of two different internet transmission protocols.*

*The methodology used is pre-experimental methodology with post-testing. The method is observational and descriptive cross-sectional. Two prototype nets were implemented, one under 802.11b standard and the other under 802.11n. In each net a computer operating as a transmitter was set; the distance was 20km away from the receptor. Executable files and data were inserted into the transmitter. Loss of packages, delay and bandwidth were registered in the receptor. Data was collected one single time.*

*With the results, it was concluded that the 802.11n standard overpowered the 802.11b standard for 30% in both parameters bandwidth and transmission time. Developers of hardware with this standard show a performance of over 50%. In conclusion the 802.11b standard is more susceptible to multipath and interference; meanwhile the 802.11n standard showed lower rates of loss of packages and delay. Based on simulations of radio link, it is possible to use this standard to link two points 50 km apart from each other.*

**KEYWORDS:** Radio Trunking. 802.11b. 802.11n. Free bands. RadioMobile.

RECIBIDO: 20/2/2014  
ACEPTADO: 4/6/2014

## INTRODUCCIÓN

Las pérdidas de paquetes en conexiones inalámbricas de internet utilizando bandas libres son complicadas de evitar, aproximadamente 50 kilómetros, separan la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo (FETD) con la finca Limoncito y los equipos que operan en bandas libres tienen limitaciones en cuanto a su potencia de transmisión, y esto influye cuando se desea enlazar dos puntos a medianas y grandes distancias. Se plantea estudiar la factibilidad técnica de comunicar la FETD con la finca Limoncito, analizando diversos factores que afectan los paquetes IP (*Internet Protocol, Protocolo de Internet*).

El deterioro de la información por paquetes perdidos en la transmisión, es un factor anómalo para el diseño de los radioenlaces, cuando se tienen redes que desean cubrir considerables distancias (50 km. lineales), el problema es superior, pues la orografía del sector, elevaciones naturales como cerros que se encuentren en el trayecto desvanecen la comunicación inalámbrica. Según (Tanenbaum, 2003) algunos factores que afectan comunicaciones de este tipo son obstrucciones naturales, curvatura de la tierra, uso de equipos con baja potencia de transmisión (por utilización de bandas libres) utilización de repetidores.

## JUSTIFICACIÓN

Es fundamental e imprescindible hacer llegar los avances de la tecnología a todas las dependencias de la UCSG, realizar el estudio y diseño para la factibilidad de implementar un enlace de internet entre la Facultad Técnica (UCSG) y la finca Limoncito, necesita criterios e investigación de ingeniería

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué método es más eficaz en el desempeño de conexión de internet sin que haya pérdidas por la transmisión de paquetes (señal de internet), en su trayecto entre la FETD y la finca Limoncito?. ¿Cuál será la mejor banda de frecuencia para enlazar dos puntos a más de 50 kilómetros de distancia?

## OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el estudio para la factibilidad técnica de conexión de Internet entre la Facultad Técnica (UCSG) y la finca Limoncito, procurando evitar pérdidas de paquetes en su transmisión, utilizando bandas de frecuencia sin licencias.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer los diversos factores que afectan las comunicaciones inalámbricas, utilizando bandas no licenciadas de 2.4 y 5 Giga Hertz.
- Crear redes prototipos bajo el estándar 802.11b y n, para la medición de pérdida de paquetes, retardo, y ancho de banda.
- Analizar el desempeño de las redes prototipo con la transmisión de varios tipos de archivos.

## ENFOQUES TEÓRICOS

Con el uso de bandas no licenciadas es mayor el problema de perder paquetes de bits, pues los equipos a utilizar no pueden tener mayor potencia para alcanzar más distancia entre dos puntos (Atkinson & Dunlop, 2000). Los principales factores que afectan las comunicaciones inalámbricas, son:

- Pérdida en el espacio libre (Free space loss)
- El multitrayecto
- La distancia entre radio-transceptores
- El tipo de modulación para llevar la información
- Sistemas adyacentes que operen en la misma frecuencia
- Condiciones climáticas hostiles.

Por aquello, es importante controlar y/o monitorear los paquetes de bits, es necesario saber que una red tiene un buen desempeño cuando se minimiza ciertas condiciones omnipresentes en todo enlace inalámbrico.

## METODOLOGÍA

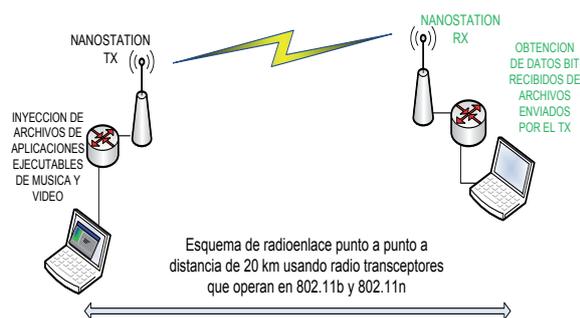
Se basa en investigación no experimental o también llamado; ex post facto, de tipo transeccional.

Se utilizan técnicas como la observacional, la transeccional exploratoria y conocimiento empírico: se mide paquetes recibidos, retardo etc. (observaciones en desempeño de redes prototipo) se cuantifica el tráfico de paquetes que contienen información (archivos de aplicación, ejecutable y de música o video), se miden en una única vez, o en un solo momento.

Se pretende conocer el tráfico de paquetes (transmitidos, recibidos y perdidos) en dos tipos de redes una que opera a 2,4 GHz y la otra a 5 GHz., por aquello es una exploración inicial en un momento específico.

Para enlazar los dos puntos a la distancia referida, se debe utilizar un programa de simulación (técnica empírica) que contiene la orografía de todo el mundo y así se puede observar los puntos débiles del enlace que comunique la finca Limoncito con la FETD.

La figura 1. Muestra un esquema de implementación de la red prototipo tanto para operar en 2.4 y 5 GHz. En el punto de recepción se instaló un mástil para colocar el equipo de radio receptor.



**Figura 1.** Representación de radioenlace para estándar 802.11 b y n  
**Diseño:** Philco-Benitez 2011

La tabla N°1 muestra la operacionalización metodológica, en ella se determina las variables dependientes e independientes y ciertos indicadores importantes. La variable dependiente para este estudio, serán los paquetes recibidos en el lado del receptor.

**TABLA N° 1: DEFINICIÓN DE VARIABLES INDEPENDIENTES E INDICADORES**

VARIABLE DEPENDIENTES	VARIABLE INDEPENDIENTES	INDICADORES
Paquetes transmitidos	1. paquetes que llegan	Cantidad de paquetes que llegan o se pierden en el momento de la medición
Velocidad de tráfico útil	2. Paquetes perdidos	
	3. Ancho de banda	Mediciones (valor) de velocidad en redes prototipo
	4. Retardo en la transmisión	Porcentaje de línea de vista entre dos puntos situados a 49 Km de distancia (Software de Simulación)
Tiempo de transmisión	5. Jitter	

En el desarrollo de la medición se manipuló, un nivel máximo del 100%, el cual decrementó su valor dependiendo del rendimiento de los muestrarios. Se asignó pesos a cada muestra del indicador para obtener una valoración total por

cada experimento, luego se calcula el porcentaje promedio de los experimentos, para comparar con la evaluación de la otra red.

Para calcular el valor de la variable, se utilizó la fórmula 1:

$$Variable = \sum \text{peso} | \text{indicador} | [1]$$

Realizando la implementación de las redes prototipo se utilizó equipos de la marca Ubiquiti, modelo Nanoloco, el conocimiento empírico en este tipo de implementación nos permite configurar una red especificando los parámetros básicos para una red inalámbrica, como es el nombre de una red o SSID, canal a utilizar (canal 1, 6 y 11 recomendables) modo infraestructura máster-cliente. No es necesario poner protocolos de seguridad. La prueba tratará de emular una señal de internet con ello se inyectará señal del proveedor Claro, por medio de un modem inalámbrico en una de las portátiles (transmitirá desde la UCSG) se enviará la señal hasta el km 14 de la vía a la costa, para medir las variables independientes en la banda de 2.4 GHz o estándar 802.11b.

**RESULTADOS**

Para los paquetes perdidos se experimenta con tres tipos de archivos: ejecutables, de aplicaciones, música y videos, para ver cómo reaccionan las dos redes en archivos ejecutables, música y video, se obtuvo los datos siguientes, ver tabla N°2.

**TABLA N°2: COMPARACIÓN DE PAQUETES PERDIDOS.**

RED	EJECUTABLES	% EJECUTABLES	MÚSICA, VIDEO	% MÚSICA, VIDEO
802.11b	1886	98,4	750	68,98
802.11n	1858	100	515	100

**RESULTADOS EN LA V.D.**

Los paquetes perdidos que fueron de menor número recibieron un peso del 100 por ciento en los escenarios de prueba.

Se debe recalcar que la pérdida de paquetes no tiene relación con los paquetes transmitidos ya que las condiciones de la red no se ven afectadas obteniendo de esta forma una mejora en la red n del 1.66% en archivos ejecutables y 31.02% en archivos de música y video.

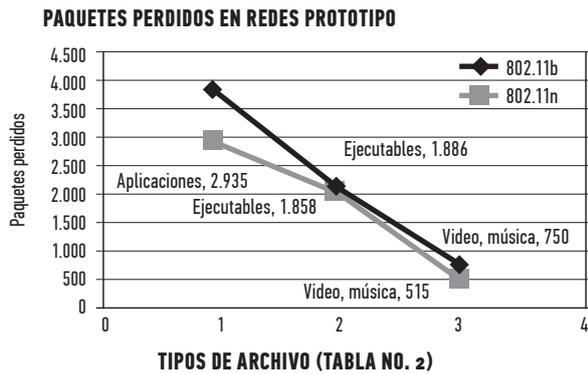


Figura 2. Paquetes perdidos en la red 802.11b y n

El total de paquetes perdidos en los escenarios de prueba, tanto con 802.11b y n, es un índice muy importante para el análisis. Porque nos permite identificar la red que reacciona mejor en tiempo real sin pérdidas (ideal). Se puede comprobar que hay un porcentaje de 19.95% mejorando la no retransmisión de datos que acarrea la saturación de la red.

**V.D.= VELOCIDAD EN LA TRANSMISIÓN**

El ancho de banda depende del tráfico que existe, mientras menos congestionado esté la red más ancho de banda tendremos.

**VI: ANCHO DE BANDA (VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN)**

Para analizar el ancho de banda se realiza una relación entre los dos ambientes (datos de tabla N°2). La velocidad de throughput es en kilo bits por segundo (Kbps).

TABLA N°3: COMPARACIÓN DEL ANCHO DE BANDA EN LA RED B Y N

RED	EJECUTABLES	% EJECUTABLES	MÚSICA, VIDEO	% MÚSICA, VIDEO
802.11b	103473	97.02	112423	89.89
802.11n	109998	100	129423	100

**RESULTADOS**

El ancho de banda es la cantidad de información (Kbps, Mbps) o de datos, se define también como la velocidad de transferencia de *throughput* que se puede enviar a través de una conexión de red en un período de tiempo dado.

En los escenarios esta varía como se muestra en la figura 3. La red 802.11n posee mayor ancho de banda en comparación con la b, observándose una mejoría del 4,60% en los archivos ejecutables y 17.69% en música y video.

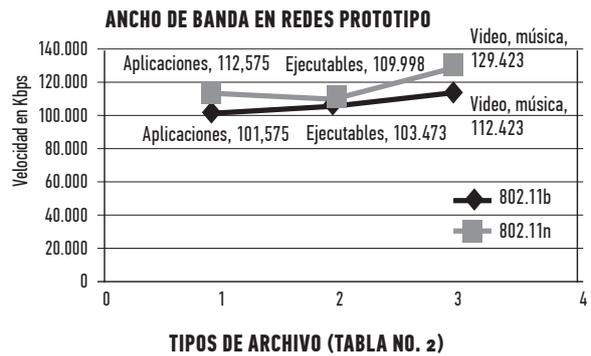


Figura 3. Resultados de ancho de banda según archivos transmitidos en redes prototipo

El ancho de banda de la red 802.11n tiene un impacto total del 9.81% este resultado se lo comparará mas adelante con otros datos que obtendremos del analizador de espectros. Esta es una de las ventajas más importantes que posee este estándar en su teoría.

**V.D.= TIEMPO DE TRANSMISIÓN**

El Tiempo de transmisión es el indicador que mientras menor sea su valor mejor es la eficiencia de la red, medidos en milisegundos (ms.).

**RESULTADOS**

El retardo es un índice que identifica cual de las dos redes ocasiona menor tiempo de transmisión y buenas prestaciones. Esta medida del retardo de propagación también puede verse afectada por condiciones climáticas extremas, es decir, por altas temperaturas o bajas temperaturas (caída de nieve), en el caso del escenario empleado no se toma en cuenta este factor del clima, ya que no ha variado los datos recolectados. Cabe destacar que la obtención de este dato fundamental se lo efectuó con el analizador *wireshark*.

A las 2 de la tarde de un día determinado se probaron las redes prototipo. El resultado de los datos obtenidos demuestran que los archivos ejecutables tiene una mejora del 18.69% y 5.72% en los otros archivos.

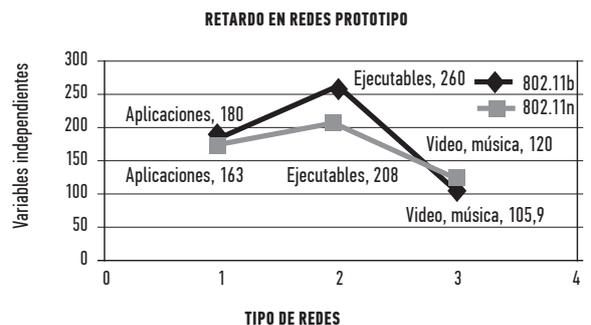


Figura 4. Retardo en la red 802.11b y n

La tecnología de múltiples antenas que tiene el estándar 802.11n, facilita un beneficio 14.24% en el índice de retardo beneficiando muchísimo al tiempo de transmisión. Este aspecto es favorable por el factor de multitrayecto que afectan las comunicaciones inalámbricas.

**VI: JITTER**

El Jitter es el promedio de todos los retardos (la variabilidad) se realiza una relación entre los dos. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al menor valor.

Se tomó datos, sólo de archivos ejecutables, música y video. El porcentaje fue calculado dándole un peso del 100% al menor valor.

**RESULTADOS**

Este efecto de variabilidad en el retraso (Jitter) es especialmente molesto en aplicaciones multimedia en internet y otras, ya que provoca que algunos paquetes lleguen demasiado pronto o tarde para poder entregarlos a tiempo. Si el Jitter es demasiado grande, ya no puede asegurarse que las informaciones críticas de proceso lleguen a tiempo.

Se obtuvo un porcentaje del 5.30% esto en datos ejecutables, mientras que en música y video es del 2.87% en comparación de la red 802.11b.

El Jitter total en nuestro análisis es del 5188.81ms en la red n y del 5530.046 ms en la red b, que suministran una diferencia del 6.16%, que identifica que la red múltiples antenas, ocasiona menor variabilidad del tiempo de transmisión.

**DISCUSIÓN**

Las mediciones realizadas durante el tiempo programado, ayudaron a obtener la información necesaria para poder analizarla y alcanzar los resultados finales.

En las pruebas se utilizaron descarga y transferencia de archivos aplicables, ejecutables, música y video, ya que son las más utilizadas por los usuarios, en escenario con tráfico para asemejar a una red real.

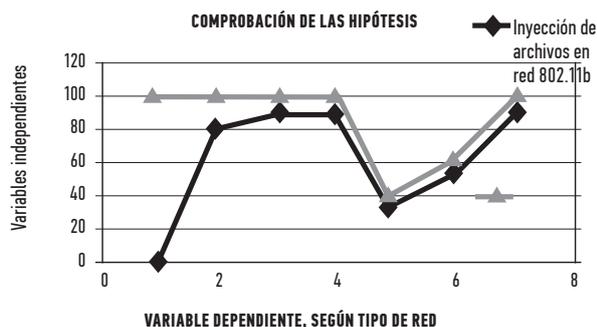


Figura 5. Comprobación de hipótesis

TABLA Nº 4: DATOS DE LOS INDICADORES EN AMBAS REDES

VARIABLES INDEPENDIENTES		TRANSMISIÓN EN LA RED 802.11B	TRANSMISIÓN EN LA RED 802.11N
Paquetes transmitidos	Paquetes perdidos	81.97	100
	Total 100%	81.97	100
Velocidad en la transmisión	ancho de banda	90.19	100
	Total 100%	90.19	100
Tiempo de transmisión	Retardo (40)	34.53	40
	Jitter (60)	56.30	60
	Total 100%	90.83	100

V.D. (n) = 0.3 (100) + 0.4 (100) + 0.3 (100) = 100%  
 V.D. (b) = 0.3 (81.97) + 0.4 (90.19) + 0.3 (90.83) = 87.916%  
 Variabilidad = V.D. (n) - V.D. (b)  
 Variabilidad = 100% - 87.916%  
 Variabilidad = 12.08%

Inyección de archivos en red 802.11n

Es factible el radioenlace, pues las medidas de las pruebas realizadas, el estándar 802.11n superó el porcentaje de paquetes perdidos de ancho de banda y llega a un nivel satisfactorio en tiempo de transmisión, es el más idóneo en radioenlaces inalámbricos. Gracias a los analizadores de protocolo utilizados, se comparó datos referente paquetes transmitidos, perdidos, la visualización del ancho de banda, del retardo, del jitter, además de las gráficas del monitoreo de los paquetes, la sensibilidad del receptor, etc., en las redes prototipos 802.11b y 802.11n.

El estándar 802.11b, opera en la banda 2.4GHZ y utiliza la modulación de Secuencia Directa de Espectro Ensanchado (SSSD), el cual es susceptible a multitrayecto, es decir varias señales desfasadas (con información) que pueden llegar a un equipo radio-receptor, no así con el estándar 802.11n que utiliza la modulación ortogonal (OFDM) y esta aparte de ser robusta a las interferencias no tiene interferencia por solapamiento de canales como tiene SSSD. Las pruebas y resultados obtenidos lo superan en un 30% de promedio.

En cuanto a la pérdida de trayectoria en el espacio libre, esto es inevitable, pues por los principios de la propagación, existe pérdida de señal electromagnética desde el mismo momento, que la antena irradia la señal, aunque hoy en día por los circuitos modernos en los equipos que se han utilizado, es posible minimizar las pérdidas de paquetes (bits transmitidos vs recibidos), este es el caso del estándar 802.11n que posee la tecnología MIMO (multiple input multiple

output) y esto significa que el radio transceptor posee entre 2 y 3 antenas incorporadas internamente para recibir o transmitir, según sea la configuración de operación del equipo.

5 GHz, es una solución efectiva para enlaces a larga distancia, si no tenemos problemas de obstrucciones tan altas, es fundamental que haya línea de vista y despeje de al menos el 60% de la primera zona de Fresnel para garantizar la calidad del radio enlace.

Se puede utilizar para medir o calcular *delay* o retrasos, pérdidas de paquetes, métodos activos y pasivos un programa monitor de paquetes, este podrá recoger reproducciones o copias de forma pasiva de todos los paquetes que atraviesan un enlace y almacena información a nivel IP, TCP/UDP o aplicación.

La transmisión de paquetes, se realizó con equipos de radio separados a 10 y 20 km., de distancia, no se puede hacerlo a 30 km. o más, porque no se dispone de mástiles de 25 metros de alto, se hizo simulación, los paquetes transmitidos vs perdidos, en 802.11b alcanzan el 81.97% del 100% (ideal) mientras que con el estándar 802.11n se llega al 99.99 que es el mejor desempeño en transmisión de paquetes, no hay pérdidas de consideración.

La velocidad de transferencia de datos en la 802.11b alcanza el 90, 2% mientras que en la banda 802.11n llega al 100%. Y algo parecido alcanza el retardo y el jitter (variable tiempo de transmisión) con el 802.11b alcanza el 90,8% y con 802.11n se llega al 100%. La Variabilidad es igual al 12.08%, mucho mejor desempeño en paquetes recibidos es el estándar 802.11n.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atkinson R. y Dunlop, J. (2000). IEE Electronics Letters, Vol. 36, No. 15, pp. 1307-1309, DOI: 10.1049/el: 20000921. Recuperado de: <http://personal.strath.ac.uk/robert.c.atkinson/papers/eleclet2000.pdf>
- Bernardez, M. I. (2007). *Diseño, producción e implementación de e-learning: Metodología, herramientas, modelos*. Bloomington, Indiana, USA: Author-House.
- Blake, R. (2004). *Sistemas Electrónicos de Comunicaciones*. Mexico: Cengage Learning Editores.
- Boronat, F., García, M., & Lloret, J. (2008). *IPTV, la televisión por Internet*. Málaga: Vértice.
- Coya, L., Ledesma, T., & Marichal, L. (2012). Herramientas de monitorización y análisis del tráfico en redes de datos. *Revista Telemática*. Vol 11, No 2 .
- Flickenger, R. (2007). *Redes inalámbricas en los países en desarrollo*. Londres: Limehouse Book Sprint Team.
- Guita Cristian, Muñoz Eduardo y Fierro Néstor. (2007). Antenas inteligentes y su desempeño en redes wireless. *Sínt. tecnol.*, vol.3, no.2, p.97-109. ISSN 0718-025X. Recuperado de: <http://mingaonline.uach.cl/pdf/sintec/v3n2/art05.pdf>
- Godoy, R., Grote, W., Orellana, M., & Correa, C. (2005). Evaluación de enlaces inalámbricos urbanos usando protocolo iee 802.11b. *Universidad de Tarapacá*, Vol. 13. N° 3, 38-44.
- Gorrincho, M., & Gorrincho, J. (2002). *Comunicaciones Móviles*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Grote, W., Ávila, C., & Molina, A. (2007). Análisis de máximo desempeño para wlan operando a tasas fijas o adaptivas usando el estándar iee 802.11 a/b/g. *Revista chilena de ingeniería*, Vol. 15. N° 3., 320-327.
- Herrera, E., & Herrera Perez, E. (2010). *Tecnología y redes de transmisión de datos*. Mexico: Limusa S.A.
- Hinojosa, A. C. (2007). *Medida del retardo en redes IP*. Recuperado el 8 de 1 de 2010, de <http://www.coursehero.com/file/5892017/Medida-del-Retardo-en-Redes-IP-Alberto-Castro-Hinojosa/>: Recuperado de: <http://www.coursehero.com/file/5892017/Medida-del-Retardo-en-Redes-IP-Alberto-Castro-Hinojosa/>
- Huidrobo Moya, J. (2005). *Sistemas telemáticos*. Madrid: Paraninfo.
- Huidrobo, J., & Conesa, R. (2004). *Sistemas de telefonía*. Madrid: Paraninfo.
- Lara, D. (2002). *Sistemas inalámbricos de comunicación personal*. México: Marcombo.
- Mompó María, Corral Pablo, Segrelles Jesús, Pieruci Laura. (2005). Herramienta gráfica para la predicción de coberturas IEEE 802.11a/b/n en interiores, exteriores y espacio libre: IEC. Recuperado de: [http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos\\_modernos/articulos\\_gandia\\_2005/articulos/ED2/556.pdf](http://w3.iec.csic.es/ursi/articulos_modernos/articulos_gandia_2005/articulos/ED2/556.pdf).
- Parsons, J. (2000). *The Mobile Radio Propagation Channel*. New York: Press Inc.
- Pérez, C., & Zamanillo, J. (2007). *Sistemas de Telecomunicaciones*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Prieto, J. (2005). *Los proyectos: la razón de ser del presente. Una visión global para una acción local*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Rodríguez, J. (2003). *Tecnologías multimedia para la enseñanza y aprendizaje en la universidad*. Barcelona: Edicions Universitat de Barcelona.

- Rojas, D. (2006). *Troubleshooting para tecnologías de acceso tradicional*. Santiago, Santiago, Chile.
- Romero, M., Barbancho, J., Benjumea, J., Rivera, O., Roper, J., Sánchez, G., y otros. (2010). *Redes Locales*. Madrid: Paraninfo.
- Sallent, O., Valenzuela, J., & Comes, R. (2003). *Principios de comunicaciones móviles*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- Sancho Andrea. (2010). Wi-Fi inteligente vs Interferencia RF. *Revista digital universitaria*. Volumen 11 Número 12 • ISSN: 1067-6079. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num12/art121/art121.pdf>
- Vidhyapriya, R. y Vanathi, P. (2008). Reliable energy-efficient routing with novel route update in wireless sensor networks. *Journal of Zhejiang university science A* 2008 9(8): 1099-1110
- Wei Ni y Nobuo Nakajima (2010). Experimental Study on the Capacity of Compact MIMO Antennas for Portable Terminals: *Wireless Pers Commun* (2011) 58:439-453. Doi: 10.1007/s11277-010-0129
- Xiong Junjie, Qu Yugui, Lin Huanhui Pan Quanke y Zhao Baoua (2007). A new latency-reducing and energy-efficient protocol for the wireless sensor network: *Front. Electr. Electron. Eng. China*, 2(2): 144-150. doi: 10.1007/s11460-007-0027-6