

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR



FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN REDES DE COMUNICACIÓN

INFORME FINAL CASO DE ESTUDIO PARA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL

TEMA:

“Estudio para reducir la interferencia causada en redes inalámbricas basadas en el estándar IEEE 802.11 – Caso de Estudio: La Red Wi-Fi de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Facultad de Ingeniería”

Ing. Jeanette Gabriela Vélez Zúñiga

Quito – 2016

AUTORIA

Yo Jeanette Gabriela Vélez Zúñiga, portador de la cedula de ciudadanía No. 1803528940, declaro bajo juramento que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y se ha respetado las diferentes fuentes de información realizando las citas correspondientes. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Jeanette Gabriela Vélez Zúñiga

Contenido

1. Introducción.....	7
2. Justificación.....	8
3. Antecedentes	10
4. Objetivos	11
5. Desarrollo Caso de Estudio	12
5.1 Análisis de frecuencias de la banda ISM libre de 2.4 GHz en el área de la Facultad de Ingeniería.....	12
5.1.1 Banda ISM.....	12
5.1.2 Red Wi-Fi.....	12
5.1.3 Bandas de Frecuencias de las Redes Wi-Fi	13
5.1.4 Banda 2.4 GHz	14
5.1.4.1 Potencialidades de la banda de 2.4GHz	14
5.1.4.2 Debilidades de la banda de 2.4GHz	15
5.1.5 Estándar IEEE 802.11	15
5.1.5.1 Características Tecnológicas modelo IEEE 802.11/b.....	15
5.1.5.2 Características Tecnológicas modelo IEEE 802.11/g.....	17
5.1.5.3 Características Tecnológicas modelo IEEE 802.11/n.....	17
5.1.6 Problemas en el desempeño del uso de Redes bajo el Estandar IEEE 802.11b/g/n.	18
5.2 Prácticas comunes que inciden negativamente en el desempeño de las redes basadas en el estándar IEEE 802.11 b/g/n.....	19
5.2.1 Arquitectura Interna de la Red <i>Wifi</i> de la PUCE área Facultad de Ingeniería.....	19
5.2.1.1 Equipo Motorola AP650	20
5.2.1.2 Equipo Motorola AP7532.....	21
5.2.2 Análisis de Frecuencias de las Red Inalámbrica Wi-Fi de la PUCE	21
5.2.2.1 Herramienta <i>Netspot</i>	21
5.2.2.2 Estudio de los Canales de Transmisión de la Facultad de Ingeniería.....	26
5.2.2.3 Análisis de Cobertura de la Facultad de Ingeniería Estudio de la Red Wi-Fi, nivel de señal óptica teórica.	41
5.2.2.4 Análisis de Trafico en la Facultad de Ingeniería	47

5.2.2.5	Topología de Red en el Estándar 802.11	48
5.2.2.6	Arquitecturas usadas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.....	50
5.2.2.6.1	Topología en Estrella.....	50
5.2.2.6.2	Topología Anillo – Estrella	51
5.3	Estrategias para Mitigar los fenómenos encontrados: saturación de los canales de transmisión, bajas tasas de transferencia y alta frecuencia de aparición de zonas muertas.....	51
5.3.1	Saturación de Canales de Transmisión.....	51
5.3.2	Bajas Tasa de Transferencia.....	52
5.3.3	Problemas encontrados en el Estudio de Frecuencia de la Red WiFi de la PUCE.....	52
5.4	Diseño de la nueva infraestructura de la red <i>Wi-Fi</i> para mitigar los inconvenientes encontrados en las áreas de cobertura de bajo nivel.	54
6.	Conclusiones	61
7.	Recomendaciones.....	62
8.	Bibliografía.....	63
9.	ANEXOS.....	65

Figuras

Figura 1. Canales de Frecuencias Wi-Fi, (Guevara, 2013).	14
Figura 2. Access Point Motorola AP650. Facultad de Ingeniería	20
Figura 3. Access Point Motorola AP7532. Facultad de Ingeniería.	21
Figura 4. Icono Netspot.....	22
Figura 5.Driver Netspot Windows., (Neptspot, 2016)	22
Figura 6. Primer AP Planta Baja - Facultad de Ingeniería	23
Figura 7. Primer AP Primer Piso-- Facultad de Ingeniería.....	23
Figura 8. Primer AP Tercer Piso - Facultad de Ingeniería	23
Figura 9. Primer AP Cuarto Piso - Facultad de Ingeniería.....	24
Figura 10. Primer AP Quinto Piso - Facultad de Ingeniería.....	24
Figura 11. Primer AP Sexto Piso – Facultad de Ingeniería.....	24
Figura 12.Edificio Facultad de Ingeniería.	26
Figura 13. Access Point 5C:OE:8B:25:EF:90 - Canal 6.	28
Figura 14. Access Point 5C:OE:8B:26:03:40 - Canal 1	29
Figura 15. Access Point 5C:OE:8B:26:03:40 - Canal 1	30
Figura 16. Access Point 5C:OE:8B:25:C7:50 - Canal 6	32
Figura 17. Access Point 5C:OE:8B:26:08:50 - Canal 11	32
Figura 18. Access Point 5C:OE:8B:C7:6E:90 - Canal 6.....	33
Figura 19. Access Point 5C:OE:8B:C7:33:20 - Canal 6	35
Figura 20. Access Point 5C:OE:8B:25:FD:90- Canal 11.....	35
Figura 21. Access Point 5C:OE:8B:26:06:10 - Canal 11.	36
Figura 22. Access Point 5C:OE:8B:26:05:60 - Canal 11.	37
Figura 23. Access Point 5C:OE:8B:26:07:10 - Canal 6.	38
Figura 24. Access Point 5C:OE:8B:25:C2:30 - Canal 1	40
Figura 25. Access Point 5C:OE:8B:25:F3:90- Canal 11.....	40
Figura 26. Cobertura Planta Baja	41
Figura 27. Cobertura Primer Piso.....	42
Figura 28. Cobertura Tercer Piso.	43
Figura 29. Cobertura Cuarto Piso.....	44
Figura 30. Cobertura Quinto Piso.....	45
Figura 31. Cobertura Sexto Piso.....	46
Figura 32. Trafico dentro de la Facultad de Ingeniería	48
Figura 33. Topología en Estrella	50
Figura 34. Topología Anillo Estrella.....	51
Figura 35. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Planta Baja.....	54
Figura 36. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Primer Piso	55
Figura 37. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Tercer Piso.....	56
Figura 38. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Cuarto Piso	57
Figura 39. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Quinto Piso	58
Figura 40. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Sexto Piso.....	59

Tablas

Tabla 1. Resultados AP Planta Baja.....	27
Tabla 2. Resultados AP Primer Piso	29
Tabla 3. Resultados AP Tercer Piso.....	31
Tabla 4. Resultados AP Tercer Piso.....	33
Tabla 5. Resultados AP Quinto Piso	36
Tabla 6. Resultados AP Sexto Piso	38

1. Introducción

La Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) es una institución que brinda servicios educativos a la colectividad ecuatoriana, dentro del catálogo de servicios dispone para sus alumnos y empleados, el acceso a Internet el mismo que es llevado a través de redes inalámbricas Wi-Fi que permiten la conexión desde cualquier ubicación dentro del campus Universitario.

Las Redes Inalámbricas Wi-Fi, son tecnologías de comunicación hoy en día las más usadas, permite acercar usuarios a la información desplegada en la web. La acogida de esta tecnología juega un papel importante dentro de la sociedad debido a las ventajas que ofrece; las principales son movilidad, desplazamiento, flexibilidad, ahorro de costes, escalabilidad y fácil instalación. El incremento de dispositivos conectados a Internet hace que las redes Wi-Fi sean vitales en la consecución de este objetivo por lo que se debe garantizar su buen funcionamiento.

Este caso de estudio se analizará y se planteará una solución a problemas encontrados con la redes inalámbricas dentro del área geográfica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador tomando como estudio la Facultad de Ingeniería, se analizará cobertura y puntos críticos de señal, saturación en los canales de transmisión, y se proyectará una solución al actual sistema de conectividad inalámbrica; permitiendo a los estudiantes tener acceso de manera permanente y sin interferencias en la escuela de ingeniería, evitando cualquier interrupción en su proceso de formación e investigación, principales objetivos de la institución.

2. Justificación

Las Redes Inalámbricas permiten transmitir, recibir voz, datos y video dentro de edificios, entre edificios y campus universitarios, este servicio es concebido como un medio de comunicación muy versátil dentro de la periferia institucional dando acceso a Internet y sus servicios disponibles desde cualquier punto de ubicación. El término utilizado para redes inalámbricas *Wi-Fi* viene de la abreviatura de *Wireless Fidelity* también llamado red WLAN (*Wireless Local Area Network*) o Estándar IEEE¹ 802.11, hoy en día tienen un papel cada vez más importante en las comunicaciones del mundo, debido a su facilidad de instalación y conexión, las mismas se han convertido en una excelente alternativa para ofrecer conectividad a unos 20 metros en interiores y una distancia mayor al aire libre.

El estudio y el análisis de la situación actual en la Facultad de Ingeniería, establece riesgos y problemas en la red inalámbrica, causados probablemente por obstrucciones físicas, rangos de cobertura, interferencias *Wireless*, limitaciones en el espectro, zonas muertas por la proximidad y operación simultánea de varias redes *Wi-Fi* dentro de la facultad que afectan en el servicio.

El estándar IEEE 802.11, mundialmente aceptado dentro de la sociedad, propone una serie de normativas para el funcionamiento de las capas inferiores de la arquitectura OSI para redes de tipo WLAN. Este método de caso de estudio analizará el análisis, muestreo y mediciones de los niveles de conexión en el predio de la Facultad de Ingeniería.

¹ *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos. Es una asociación internacional sin fines de lucro, integrada por profesionales de las ramas de la tecnología, dedicados a establecer y promulgar estándares relacionados a la tecnología e innovación.

Luego de hacer uso de la herramienta adecuada para realizar el análisis, es importante identificar el entorno de trabajo, para ir determinando físicamente equipos y analizar en rendimiento de la red Wi-fi, para garantizar una mejor cobertura y dar un mejor servicio.

Con los resultados se buscará medir el grado de eficiencia y madurez de los servicios ofertados por la PUCE en la Facultad de Ingeniería, proponer una solución para lograr un mejor rendimiento, mediante recomendaciones para optimizar el servicio de red inalámbrica y mejorar los tiempos de entrega en cuanto al servicio.

3. Antecedentes

Se implementaron por primera vez “El origen de las redes LAN inalámbricas (WLAN) se remonta al año de 1979 basados en un experimento realizados por ingenieros de IBM en Suiza, consistente en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica” (Tanenbaum, 2013: 4).

La asignación de bandas de frecuencias ayuda a un mayor desarrollo y respaldo para que las redes inalámbricas WLAN, las mismas que dejaron que un experimento se conviertan en un recurso muy importante para proporcionar acceso a internet y convertirse en la mejor forma de dar servicios de conectividad entre computadoras y poder emitir información a través de equipos ubicados en puntos estratégicos dentro de un área limitada.

Uno de los principales estándares usados ha sido la IEEE 802.11 que define el uso a nivel físico y nivel de enlace de datos de la red, especificando sus propias normas de funcionalidad permitiendo innovar las redes WIFI.

Mediante sus actividades de publicación técnica, conferencias y estándares basados en consenso, el IEEE produce más del 30% de la literatura publicada en el mundo sobre ingeniería eléctrica, en computación, telecomunicaciones y tecnología de control, organiza más de 350 grandes conferencias al año en todo el mundo, y posee cerca de 900 estándares activos, con otros 700 más bajo desarrollo. Incluyendo los estándares dirigidos a la conexión inalámbrica.

4. Objetivos

Objetivo General:

Realizar un estudio de los problemas que enfrenta la conexión *Wi-Fi* en la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador debido a la confluencia de usuarios en una misma área de cobertura, basadas en el estándar IEEE 802.11 b/g/n, y plantear un diseño en su infraestructura para mitigar estos inconvenientes.

Objetivos Específicos:

1. Analizar las frecuencias de la banda ISM² libre, de 2.4 GHz en el área de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
2. Establecer un listado de prácticas comunes que inciden negativamente en el desempeño de las redes basadas en el estándar IEEE 802.11 b/g/n.
3. Determinar las estrategias a seguir para mitigar al máximo fenómenos como: saturación de los canales de transmisión, bajas tasas de transferencia y alta frecuencia de aparición de zonas muertas.
4. Zonificar los predios de la universidad de manera que se identifiquen las áreas de cobertura ideales y las conflictivas o problemáticas.
5. Diseñar de la nueva infraestructura de la red *Wi-Fi* para mitigar los inconvenientes encontrados en áreas de cobertura de bajo nivel.

² *Industrial, Scientific and Medical*. Es un rango de frecuencias no licenciadas usado para fines industriales, científicos y médicos.

5. Desarrollo Caso de Estudio

5.1 Análisis de frecuencias de la banda ISM libre de 2.4 GHz en el área de la Facultad de Ingeniería.

5.1.1 Banda ISM

La Banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica. En la actualidad estas bandas han sido popularizadas por su uso en comunicaciones WLAN (Wi-Fi) o WPAN (Barragán, 2013)

Este tipo de banda es usada sin la necesidad de licencias, respetando los niveles de frecuencia transmitida, donde las comunicaciones tienen cierto tipo de tolerancia frente a errores, utilizan mecanismos de protección contra interferencias y técnicas de estudio en ensanchado de espectro.

5.1.2 Red Wi-Fi

- Originalmente las redes WLAN fueron diseñadas para su empleo en redes empresariales. En este tipo de aplicaciones una red WLAN, compuesta por varios puntos de acceso, se conecta a una red cableada que permite acceder a todos los servicios disponibles en la empresa. En la actualidad, las redes WLAN han encontrado una gran variedad de nuevos escenarios de aplicación, tanto en el ámbito residencial como en entornos públicos. (Olivas, 2010:22)

- Una red *Wi-Fi* está diseñada bajo una estructura de red, permiten una conexión inalámbrica entre varios dispositivos, funcionan en base a ciertos protocolos previamente establecidos como la IEEE 802.11, creado para acceder a redes locales inalámbricas y a conexiones a varios dispositivos (Véase Anexo 1)

- Las redes inalámbricas *Wi-Fi* por sí misma son móviles, eliminan la necesidad del uso de cableado, permitiendo su fácil accesibilidad, pero sobre todo a incrementado la productividad y eficiencia en empresas, lugares públicos, privados, hogares, áreas metropolitanas y sobre todo en el ámbito educativo como escuelas, colegios y universidades.
- Las Redes Inalámbricas de Área Local o conocida como WLA, es una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en la actualidad, tiene la capacidad de comunicar computadoras mediante tecnología inalámbrica, facilitando la comunicación, en lugares donde un dispositivo que se pueda conectar no pueda permanecer conectado a un solo lugar.
- “Hoy en día el rápido crecimiento y evolución de las Redes Inalámbricas, permiten soluciones para redes inalámbricas disponibles; con distintos niveles de estandarización e interoperabilidad”. (KNOTIK, 2010)

5.1.3 Bandas de Frecuencias de las Redes Wi-Fi

Los rangos establecidos por la IEEE 802.11 disponibles para dispositivos inalámbricos, se definen bajo tres rangos de frecuencia: 2.4 GHz, 3.6 GHz y 5 GHz, por defecto la mayoría de dispositivos operan bajo la frecuencia 2.4 GHz, cada rango es subdividido en varios canales.

La frecuencia de 2.4 GHz posee una subdivisión determinada en 14 canales, separados por 5MHz, sin embargo; en el Ecuador se disponen de 11 canales para su distribución. Esto genera un problema en la distribución donde cada canal necesita 22MHz de ancho de banda para su funcionamiento provocando un solapamiento en los canales contiguos.

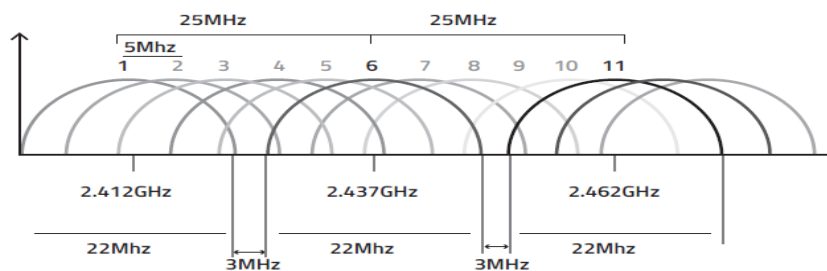


Figura 1. Canales de Frecuencias Wi-Fi, (Guevara, 2013).

Se puede evidenciar el solapamiento de los canales:

Canal 1: Se superpone al 2, 3, 4 y 5

Canal 6: Se superpone al 7, 8, 9 y 10

Canal 11: Se superpone al 12, 13 y 14 (Esto aplica para Europa que dispone de 13 canales).

5.1.4 Banda 2.4 GHz

La banda 2.4 GHz se ha convertido en una de las más utilizadas dentro de las redes WLAN's la misma utiliza varios estándares 802.11 / 802.11b/g/n, entre otros, que se subdivide en canales que van desde 2.4000 a 2.4835, una de las mejores ventajas es su tolerancia contra obstáculos; se atenúa menos y permite tener una mayor cobertura dependiendo el estándar de configuración, la banda 2.4GHz, es compatible con cualquier dispositivo Wi-Fi y no requiere ningún tipo de licencia para su uso. (Ryohnoske, 2010).

5.1.4.1 Potencialidades de la banda de 2.4GHz

- Poseen un mayor rango de cobertura debido a que las ondas se atenúa más rápido a frecuencias mucho más altas que la banda de 5GHz.
- Trabaja a una velocidad de hasta 450Mbps con el uso de la *tecnología Three-Stream* y la configuración MIMO 3T3R referente a (3 antenas de emisión, 3 antenas de recepción) de los *routers*.

- Compatibilidad con todos los dispositivos *Wi-Fi* que hay actualmente como *tablets*, *smartphones*, consolas, portátiles etc.
- La banda de 2.4GHz tiene una compatibilidad de productos con Estándar 802.11b/g/n

5.1.4.2 Debilidades de la banda de 2.4GHz

- ✓ El espectro en esta banda cuando se encuentran saturadas, presentan interferencias con otras redes Wi-Fi y no poseen un buen rendimiento.
- ✓ Las interferencias afectaran la cobertura inalámbrica.
- ✓ No se puede conseguir más velocidad de 450Mbps. La mayoría de fabricantes han optado por incorporar la característica HT20/40 *Coexistence* con un ancho de canal de 20MHz en lugar de 40MHz por lo que el rendimiento en su velocidad de transferencia se ve afectado negativamente.

5.1.5 Estándar IEEE 802.11

El Estándar IEEE 802.11 o *Wi-Fi* describe los protocolos y técnicas de transmisión de datos, adicionalmente define una forma de comunicación establecida por la IEEE que no especifica tecnología ni aplicaciones; simplemente define el uso de los dos niveles inferiores de la arquitectura OSI-Capa Física y Capa de Enlace de Datos-que especifica sus normas de funcionamiento en una WLAN. (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Rama Estudiantil El Salvador, 2010).

5.1.5.1 Características Tecnológicas modelo IEEE 802.11/b

El estándar IEEE 802.11 /b poseen una velocidad máxima de 11 Mbps, opera con un espectro de 2,4 GHz. 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.

Permiten una selección más adaptable a la tasa de transmisión, la misma se reduce cuando el receptor detecta degradación, las mismas son menos sensibles ante interferencias ya que utilizan el medio menos redundante para su codificación.

El objetivo de la transmisión TCP (Protocolo de Transmisión de Control) proporciona un transporte fiable de flujo de bits entre aplicaciones, fue pensado para poder enviar grandes cantidades de información en forma fiable creando conexiones entre sí. El protocolo garantiza que los datos sean entregados a su destino sin errores y en el mismo orden en que se transmitieron. También proporciona un mecanismo para distinguir distintas aplicaciones dentro de una misma máquina, a través del concepto de puerto.

La transmisión UDP proporciona un nivel de transporte no fiable de datagramas, ya que apenas añade la información necesaria para la comunicación extremo a extremo del paquete que envía al nivel inferior. Lo utilizan aplicaciones como NFS (*Network File System*) y RCP (comando para copiar ficheros entre computadores remotos), pero sobre todo se emplea en tareas de control y en la transmisión de audio y vídeo a través de una red. No introduce retardos para establecer una conexión, no mantiene estado de conexión alguno y no realiza seguimiento de estos parámetros. Así, un servidor dedicado a una aplicación particular puede soportar más clientes activos cuando la aplicación corre sobre UDP en lugar de sobre TCP.

Este estándar es usado para configuraciones punto y multipunto como en el caso de los AP que se comunican bajo una antena omnidireccional con uno o más clientes que se encuentren en un área de cobertura alrededor del AP. El rango de cobertura en interiores es de

32m a 11Mbps y 90m a 1Mbit/s y para exteriores con antenas de alta ganancia pueden ser usados en conexiones punto a punto en rangos superiores a 80km hasta 120km mientras exista línea de visión.

5.1.5.2 Características Tecnológicas modelo IEEE 802.11/g

El estándar IEEE 802.11/g tiene una velocidad máxima de hasta 54 Mbps, opera con un espectro de 2,4 GHz. sin necesidad de licencia, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 54Mbps.

Este estándar permite transmitir datos en varios esquemas de modulación a medida que ofrece más capacidad de transmisión. Actualmente existe en el mercado equipos con potencias de hasta medio vatio que permiten implementar comunicaciones de más de 50km con antenas parabólicas o equipos de radios apropiados.

Este estándar es recomendable para espacios con pocas estaciones ya que el internet es usable para cosas muy básicas como por ejemplo para el correo.

5.1.5.3 Características Tecnológicas modelo IEEE 802.11/n

“El estándar IEEE 802.11/n fue creada para mejorar significativamente rendimiento de la red, más que el Estándar IEEE 802.11/b y de la IEEE 802.11/g con un incremento de máxima velocidad de transmisión de hasta 54 Mbps, opera con un espectro de 2,4 GHz.” (Escudero, 2007)

La tecnología MIMO es implementada en la IEE 802.11/n, que corresponde a Múltiples entradas - Múltiples Salidas; basada estrictamente en tener varias antenas para transportar múltiples datos, MIMO aprovecha fenómenos físicos como la propagación

multicamino para incrementar sus tasas de transmisión y reducir las tasas de error, aumenta la eficiencia espectral de un sistema de comunicación inalámbrica por medio de la utilización del dominio espacial y reduce las llamadas zonas muertas de cobertura gracias a la utilización de las antenas.

MIMO ayuda a tener dos tecnologías una de ellas es la multiruta que permite mandar el mismo mensaje por rutas diferentes para llegar al destino final y evitar que rebote en los diferentes objetos como paredes y la tecnología multiplexing que puede trabajar en dos bandas de frecuencia como 20 o 40GHz enviando el mismo mensaje y evitando la interferencia entre los mismos.

5.1.6 Problemas en el desempeño del uso de Redes bajo el Estandar IEEE 802.11b/g/n.

- El estándar 802.11/g no puede ser usado para implementar usuarios que trabajen bajo el IEEE 802.11/b ya que su rendimiento bajará, permitiendo una velocidad de transmisión de 22Mbps, esto sucede ya que los clientes no comprenden la tecnología OFDM.
- Al tener un punto de acceso con dos clientes uno con banda 802.11/g este comprende el envío de un OFDM que es una técnica de modulación FDM que permite transmitir grandes cantidades de datos digitales bajo una misma onda de radio caso contrario a que un punto de acceso con estándar 802.11/n no comprende el mecanismo de envío OFDM el cual es utilizado por el 802.11/g lo cual da como resultado colisiones.
- El estándar 802.11/g es completamente compatible con el estándar 802.11/b y utiliza las mismas frecuencias esto puede ocasionar que se reduzca la velocidad de transmisión.

- Los equipos con estándar 802.11n bajo la frecuencia 2.4 GHz sufren la misma interferencia al estar expuesto a dispositivos como teléfonos inalámbricos, hornos microondas y dispositivos *bluetooth*.
- Los dispositivos que usan estándar 802.11/b ya se encuentra obsoletos dentro del mercado, por lo tanto lo más recomendable es hacer uso de equipo bajo el estándar 802.11/n.
- Es incorrecto hacer uso de dispositivos bajo el estándar 802.11/g para lugares tan amplios en este caso no debe existir ningún equipo dentro de la escuela de ingeniería bajo este estándar.

5.2 Prácticas comunes que inciden negativamente en el desempeño de las redes basadas en el estándar IEEE 802.11 b/g/n.

5.2.1 Arquitectura Interna de la Red *Wifi* de la PUCE área Facultad de Ingeniería.

La red inalámbrica del área de la escuela de sistemas utiliza dispositivos inalámbricos conectados a un servidor distribuido para el servicio de internet con frecuencias de 2,4 GHz para mantener la conectividad entre los pisos que corresponden y así brindar el servicio *Wi-fi*.

La infraestructura central de la red usa el estándar 802.11/n a una frecuencia de 2,4 GHz del fabricante Zebra/Motorola.

La arquitectura fundamental de una red 802.11 es la llamada celda definida dentro de una área geográfica en la cual varios dispositivos se interconectan entre sí por un medio aéreo; está conformada por estaciones que son adaptadores que permiten la conversión de información encapsulada en protocolo de Ethernet, bajo un punto de acceso; que es el

elemento que gestiona todo el tráfico de las estaciones y el que permite comunicarse entre celdas o redes.

La Facultad de Ingeniería tiene una arquitectura interna muy bien construida sin embargo se ha identificado que la distribución de AP³ tiene ciertas interferencias por su ubicación, en horas pico por la gran confluencia de usuarios.

Su arquitectura está diseñada con una conexión de 1 Gpbs usando equipos Motorola AP650 para la facultad y AP7532 para los laboratorios.

5.2.1.1 Equipo Motorola AP650

El equipo Motorola AP650 es un punto de acceso multipropósito, que combina acceso y censado inalámbrico, proporcionando seguridad 24 horas por siete días a la semana. Una de sus características principales es que los administradores pueden manejar de manera remota la configuración y verificación de errores. El equipo AP-650 está dotado con tecnología SMART RF, que automáticamente optimizara el poder y la selección de canal, permitiendo al usuario utilizar un acceso inalámbrico de alta velocidad y movilidad. (MBCESStore, 2006).



Figura 2. Access Point Motorola AP650. Facultad de Ingeniería

³ Access Point

5.2.1.2 Equipo Motorola AP7532

El Zebra AP 7532 es un equipo que le proporcionara el ancho de banda que usted necesita para proporcionar acceso a datos y voz pero a un costo excelente. Este incluye mejoras para proporcionarle una red inalámbrica inteligente con distintas características que lo hacen único en el mercado. Sin importar cuantos usuarios estén en su red inalámbrica o que aplicaciones ellos estén utilizando, ellos pueden contar con velocidades similares a una computadora de escritorio. Adicionalmente es un modelo compatible con el estándar 802.11n lo que le asegura la compatibilidad con cada dispositivo móvil que usa en sus operaciones de hoy en día. Este equipo cuenta con opción de antenas internas o externas para ambientes exteriores donde se necesita un equipo con gran alcance. El AP 7532 le proporcionara un modelo robusto para conexiones inalámbricas totalmente estables (MBCESStore, 2006).



Figura 3. Access Point Motorola AP7532. Facultad de Ingeniería.

5.2.2 Análisis de Frecuencias de las Red Inalámbrica Wi-Fi de la PUCE

5.2.2.1 Herramienta *Netspot*

NetSpot es un aplicativo gratuito, con dos modos principales de solución de problemas *Wi-Fi*, que permite controlar y visualizar las áreas con múltiples redes *Wi-Fi*, esta herramienta realizara un seguimiento de la red e identificara posibles problemas de conexión

para detectar los mejores canales de la red y puntos de acceso, para mejorar la señal. (Neptspot, 2016).



Figura 4. Icono NetSpot

NetSpot permite la instalación localmente desde la página <http://www.netspotapp.com> disponible para varios sistemas operativos MAC y Windows con sus respectivos manuales de instalación y de ayuda.



Figura 5. Driver NetSpot Windows., (Neptspot, 2016)

A continuación se presenta un análisis básico realizado desde un ordenador realizado mediante una navegación por cada piso, el mismo permite acceder a la red Wi-Fi: (también

conocido como SSID⁴ igual a PUCE-WIFI), el nivel de señal presenta información sobre la red y lista de redes adyacentes que hay en el entorno, con la información del número de canal que usa, la potencia de señal que recibe de dicha red, la protección que usa y la velocidad a la que trabajan.

La segunda planta no forma parte del estudio debido a que dentro de este fue creado una red interna, la misma que fue ha solventado los problemas dentro de esta área.

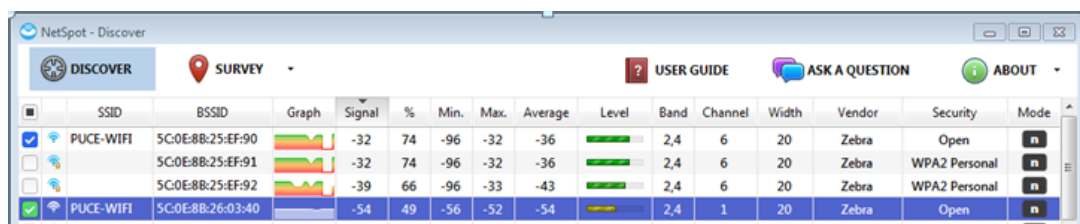


Figura 6. Primer AP Planta Baja - Facultad de Ingeniería

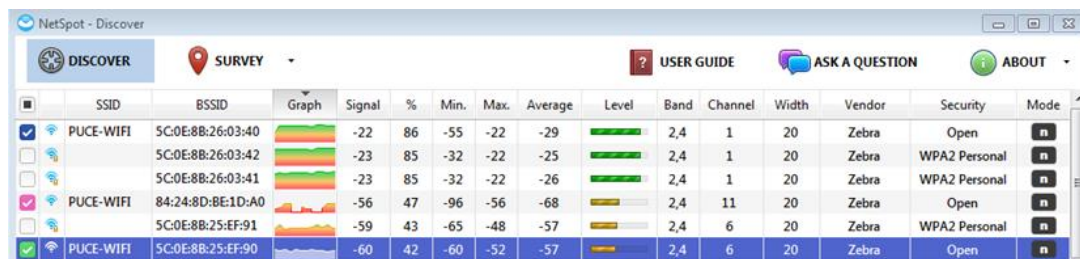


Figura 7. Primer AP Primer Piso-- Facultad de Ingeniería



Figura 8. Primer AP Tercer Piso - Facultad de Ingeniería

⁴ Service Set Identifier.



Figura 9. Primer AP Cuarto Piso - Facultad de Ingeniería

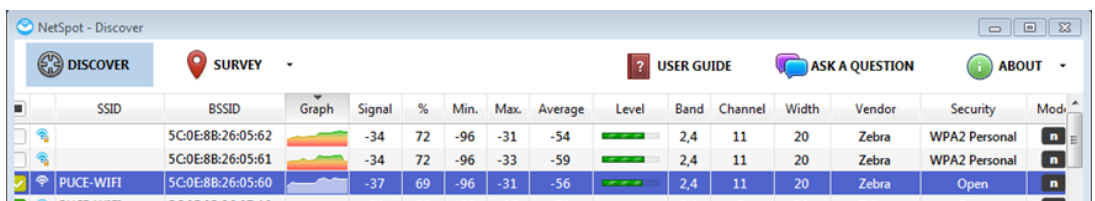


Figura 10. Primer AP Quinto Piso - Facultad de Ingeniería



Figura 11. Primer AP Sexto Piso – Facultad de Ingeniería

Las visualizaciones presentadas en cada imagen en cada uno de los pisos, describe las características por cada uno de los AP, al ingresar a cada piso, estas características presenta cabeceras que representa los siguientes datos.

SSID (Service Set Identifier, Identificador de Conjunto de Servicios): El SSID⁵ es un nombre incluido en todos los paquetes de una red inalámbrica Wi-Fi para identificar como parte de una red establecida, con un máximo de 32 caracteres, es el enlace entre dispositivos inalámbricos y la red que distribuye el servicio de internet en este caso nuestro SSID configurado es PUCE-WIFI.

BSSID: Dirección física del SSID conocido como la dirección mac, se identifica que existen SSID Hide dentro de las muestras, que son redes configuradas para usuarios exclusivos como por ejemplo docentes.

Signal: Demuestra la estabilidad de la señal con respecto al tiempo.

Porcentaje: Indica la utilidad, el porcentaje de la eficiencia de conexión.

Valor Min – Max: Presenta el valor mínimo y máximo de señal.

Average: Presenta la relación promedial entre el valor Min y Max de señal.

Level: Presenta la relación de señal en una gama de colores presentando niveles de conexión de los AP.

Band: Se refiere a la banda que usa, en este caso los Access Point trabajan dentro de la banda 2.4 Ghz.

Chanel: Indica el canal en el que trabaja el Access Point.

Width: Presenta el ancho de banda de Access Point.

Vendor: Presenta el registro de la marca los equipos son marca zebra.

Security: Se refiere a la frase de paso conocida como el password de la red Wi-fi.

⁵ Neptspot, 2016.

Mode: Se refiere a la normativa IEEE 802.11 b/g/n en el AP empleada para indicar transmisiones MIMO.

Last Seen: Presenta la última vista con relación al tiempo.

5.2.2.2 Estudio de los Canales de Transmisión de la Facultad de Ingeniería.

La Pontificia Universidad Católica ubicada en la ciudad de Quito, sus instalaciones están localizadas en el sector norte de Quito en la Av.12 de Octubre y Patria, en un área total de 70 hectáreas.

La herramienta *Netspot* permite realizar un estudio donde se pueden analizar de una mejor manera la red inalámbrica de la Facultad de Ingeniería, con tan solo cargar los planos de cada piso y colocar las referencias de navegación.



Figura 12. Edificio Facultad de Ingeniería.

Todos los detalles de la red *Wi-Fi* en la Facultad de Ingeniería, se presentan a continuación con los datos de la red inalámbrica que usan, bajo un plano interactivo a tiempo real, se identifican los diferentes problemas sobre la cobertura de red, nivel de señal, mostrando mapas de la ubicación actual de AP en todos los pisos y una cobertura teórica por los AP detectados con su señal y canal que trabaja.

Estudio Planta Baja

Al da inicio al análisis de la Planta Baja se encuentran visiblemente dos AP, un AP de Marca Motorola/Zebra es AP4532 y el otro AP650, se realizan mediciones de 5m y 10m en la base del AP en los puntos cardinales norte, sur, este y oeste, para analizar su cobertura y canal en que trabajan; los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 1. Resultados AP Planta Baja.

BSSID	Ubicación	Señal	Mínimo	Máximo	Canal
5C:OE:8B:25:EF:90	Base	-60	-60	-52	6
	M1 Norte	-68	-68	-51	6
	M1 Sur	-49	-68	-47	6
	M1 Este	-56	-68	-47	6
	M1 Oeste	-62	-68	-47	6
	M2 Norte	-70	-71	-47	6
	M2 Sur	-58	-96	-49	6
	M2 Este	-81	-96	-49	6

	M2 Oeste	-75	-96	-56	6
5C:OE:8B:26:03:40	Base	-56	-63	-47	1
	M1 Norte	-68	-68	-49	1
	M1 Sur	-59	-65	-47	1
	M1 Este	-46	-65	-36	1
	M1 Oeste	-57	-65	-36	1
	M2 Norte	-66	-66	-49	1
	M2 Sur	-40	-65	-40	1
	M2 Este	-72	-72	-49	1
	M2 Oeste	-63	-76	-30	1

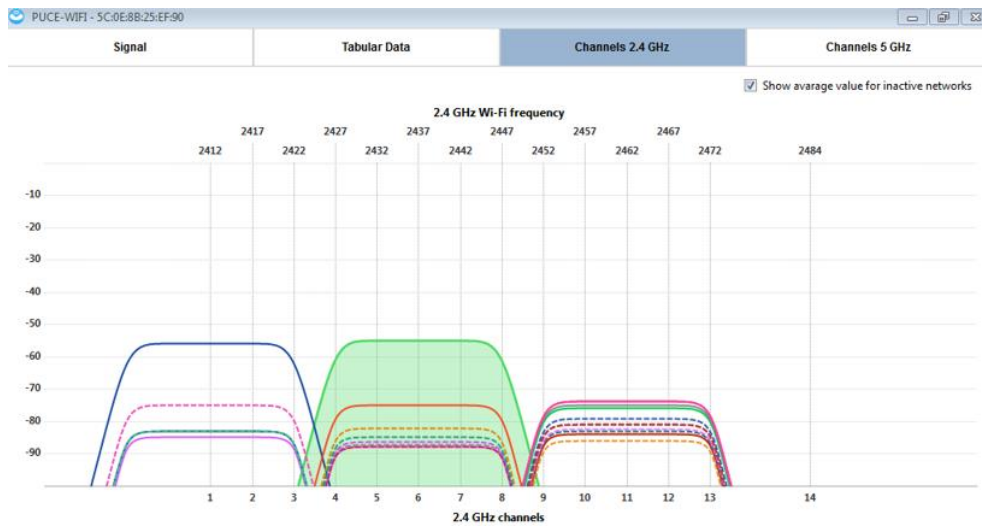


Figura 13. Access Point 5C:OE:8B:25:EF:90 - Canal 6.

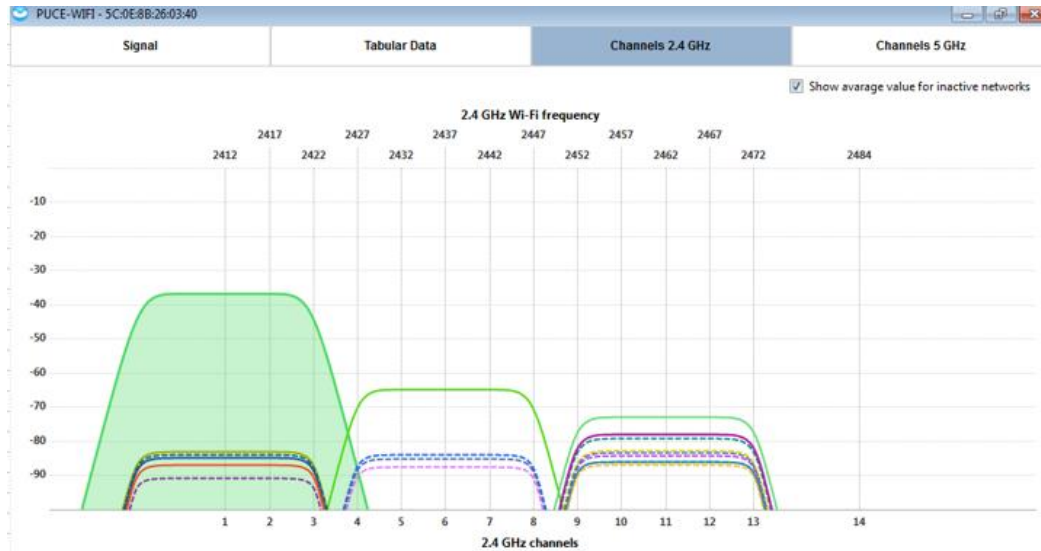


Figura 14. Access Point 5C:OE:8B:26:03:40 - Canal 1

Estudio Primer Piso

Al realizar el análisis del Primer Piso se encuentran visiblemente dos AP, sin embargo en el espacio analizado, solo se identificó una señal ya que el AP Marca Motorola AP7532 no genero ningún resultado, se realiza mediciones de 5m y 10m en la base del AP650, en los puntos cardinales norte, sur, este y oeste para analizar su cobertura y canal en que trabajan, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 2. Resultados AP Primer Piso

BSSID	Ubicación	Señal	Mínimo	Máximo	Canal
5C:OE:8B:26:03:40	Base	-54	-56	-52	1
	M1 Norte	-56	-60	-52	1
	M1 Sur	-60	-64	-52	1
	M1 Este	-77	-80	-50	1

	M1 Oeste	-53	-67	-50	1
	M2 Norte	-61	-80	-49	1
	M2 Sur	-70	-80	-49	1
	M2 Este	-65	-72	-56	1
	M2 Oeste	-67	-74	-56	1

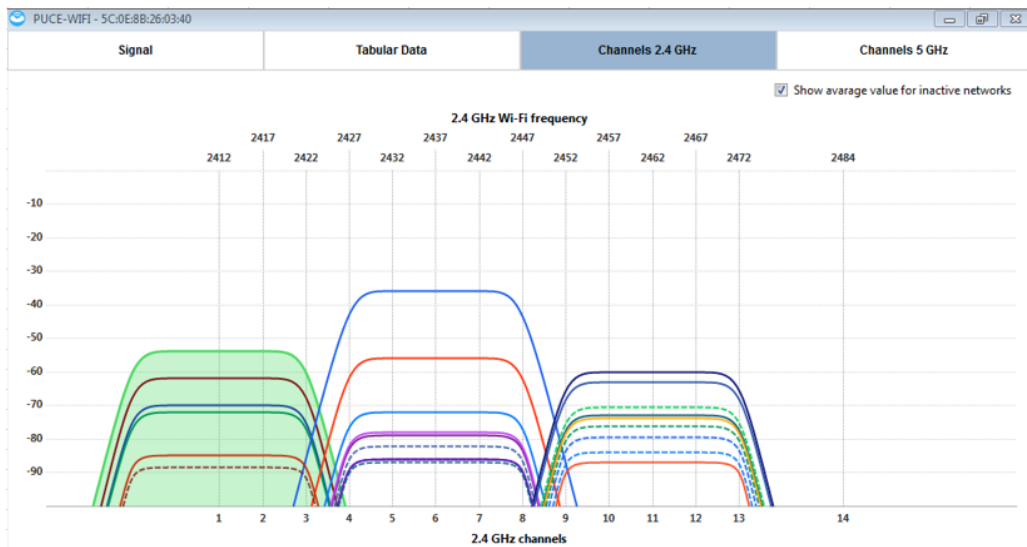


Figura 15. Access Point 5C:OE:8B:26:03:40 - Canal 1

Estudio Tercer Piso

Al realizar el análisis del Tercer Piso se encuentran visiblemente tres AP650, se realiza mediciones de 5m y 10m en los puntos cardinales norte, sur, este y oeste para analizar su cobertura y canal en que trabajan, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 3. Resultados AP Tercer Piso

BSSID	Ubicación	Señal	Mínimo	Máximo	Canal
5C:OE:8B:25:C7:50	Base	-40	-46	-38	6
	M1 Norte	-46	-46	-34	6
	M1 Sur	-38	-49	-34	6
	M1 Este	-38	-46	-38	6
	M1 Oeste	-41	-63	-34	6
	M2 Norte	-49	-63	-33	6
	M2 Sur	-58	-63	-34	6
	M2 Este	-51	-58	-50	6
	M2 Oeste	-53	-63	-34	6
5C:OE:8B:26:08:50	Base	-30	-96	-27	11
	M1 Norte	-39	-96	-27	11
	M1 Sur	-48	-58	-41	11
	M1 Este	-50	-96	-27	11
	M1 Oeste	-47	-96	-27	11
	M2 Norte	-60	-96	-27	11
	M2 Sur	-43	-96	-27	11
	M2 Este	-71	-96	-41	11
5C:OE:8B:C7:6E:90	Base	-33	-96	-31	6
	M1 Norte	-53	-96	-31	6
	M1 Sur	-44	-96	-31	6
	M1 Este	-40	-96	-31	6
	M1 Oeste	-37	-96	-31	6

	M2 Sur	-54	-96	-31	6
	M2 Este	-70	-96	-39	6
	M2 Oeste	-80	-96	-39	6

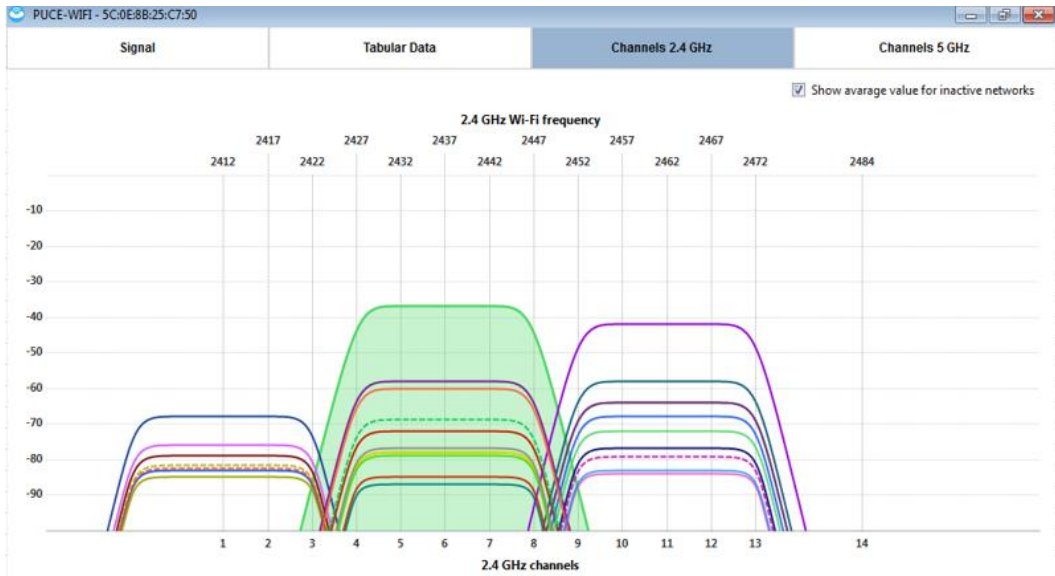


Figura 16. Access Point 5C:0E:8B:25:C7:50 - Canal 6

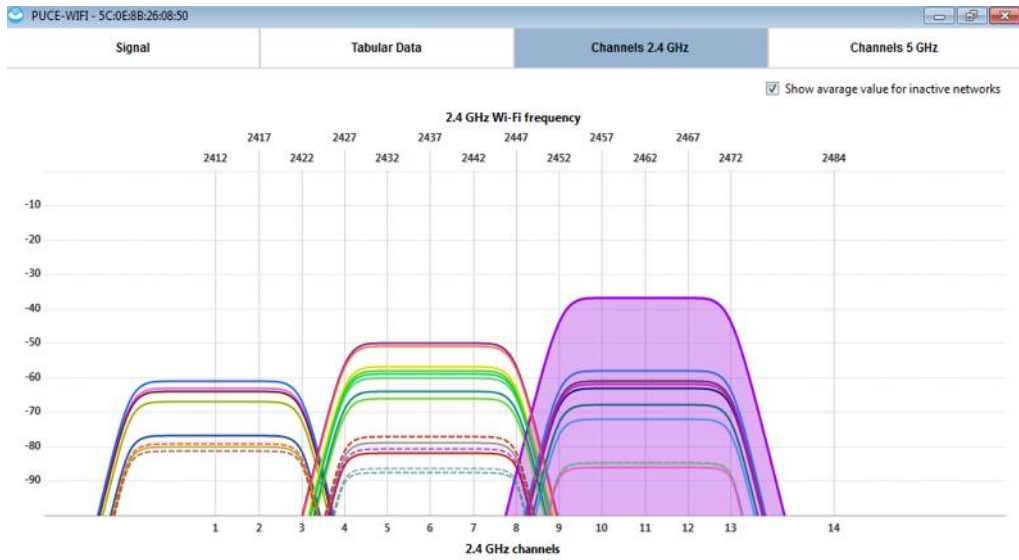


Figura 17. Access Point 5C:0E:8B:26:08:50 - Canal 11

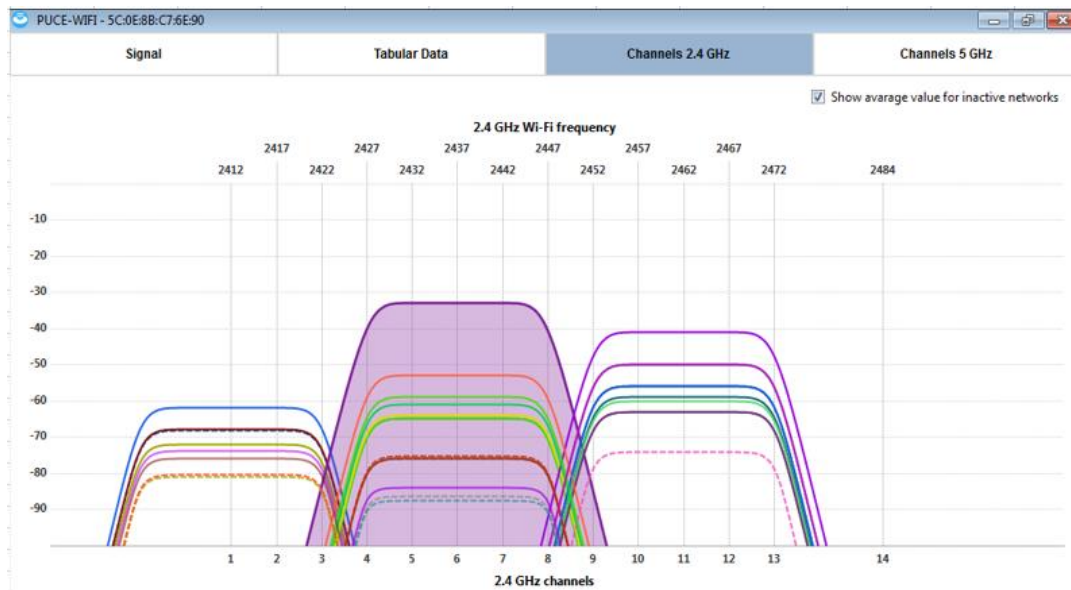


Figura 18. Access Point 5C:OE:8B:C7:6E:90 - Canal 6

Estudio Cuarto Piso

Al realizar el análisis del Cuarto Piso se encuentran visiblemente tres AP650, se realiza mediciones de 5m y 10m en los puntos cardinales norte, sur, este y oeste para analizar su cobertura y canal en que trabajan, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 4. Resultados AP Tercer Piso

BSSID	Ubicación	Señal	Mínimo	Máximo	Canal
5C:OE:8B:C7:33:20	Base	-48	-96	-41	6
	M1 Norte	-41	-96	-40	6
	M1 Sur	-53	-96	-39	6
	M1 Este	-52	-96	-39	6
	M1 Oeste	-71	-96	-39	6

	M2 Norte	-44	-96	-38	6
	M2 Sur	-48	-96	-38	6
	M2 Este	-61	-96	-39	6
	M2 Oeste	-66	-96	-38	6
5C:OE:8B:25:FD:90	Base	-54	-96	-23	11
	M1 Norte	-55	-96	-23	11
	M1 Sur	-56	-96	-23	11
	M1 Este	-58	-96	-53	11
	M1 Oeste	-45	-96	-43	11
	M2 Norte	-64	-96	-23	11
	M2 Sur	-43	-96	-23	11
	M2 Este	-57	-96	-53	11
	M2 Oeste	-75	-96	-53	11
5C:OE:8B:26:06:10	Base	-43	-96	-31	11
	M1 Norte	-50	-96	-31	11
	M1 Sur	-46	-96	-31	11
	M1 Este	-36	-96	-36	11
	M1 Oeste	-55	-96	-31	11
	M2 Sur	-34	-96	-33	11
	M2 Oeste	62	-96	-31	11
	M2 Oeste	62	-96	-31	11

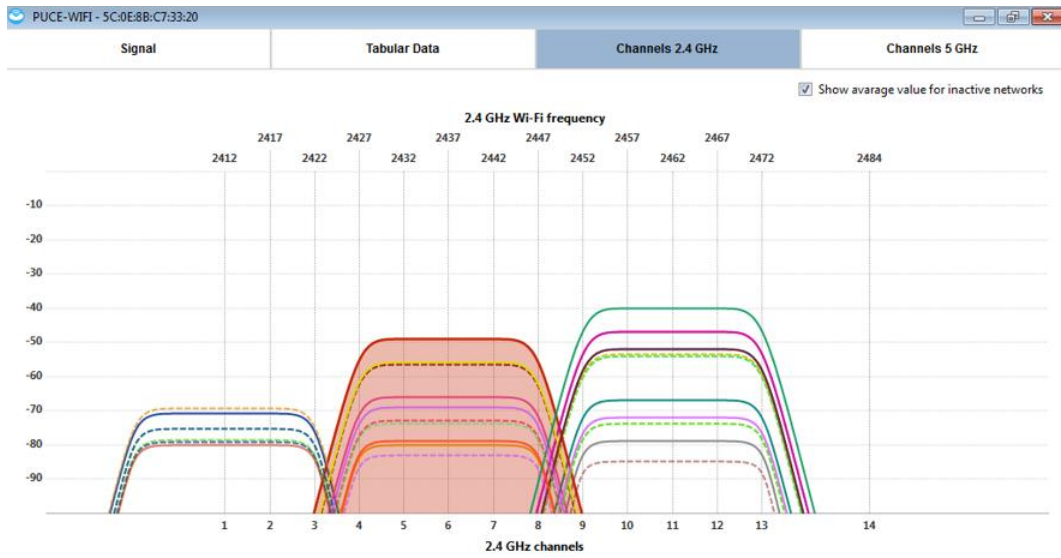


Figura 19. Access Point 5C:OE:8B:C7:33:20 - Canal 6

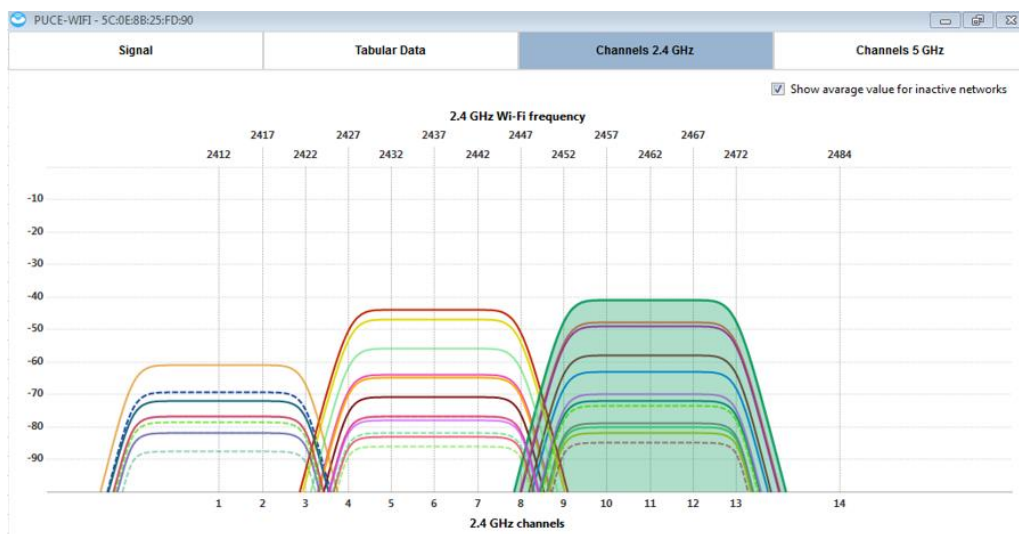


Figura 20. Access Point 5C:OE:8B:25:FD:90- Canal 11

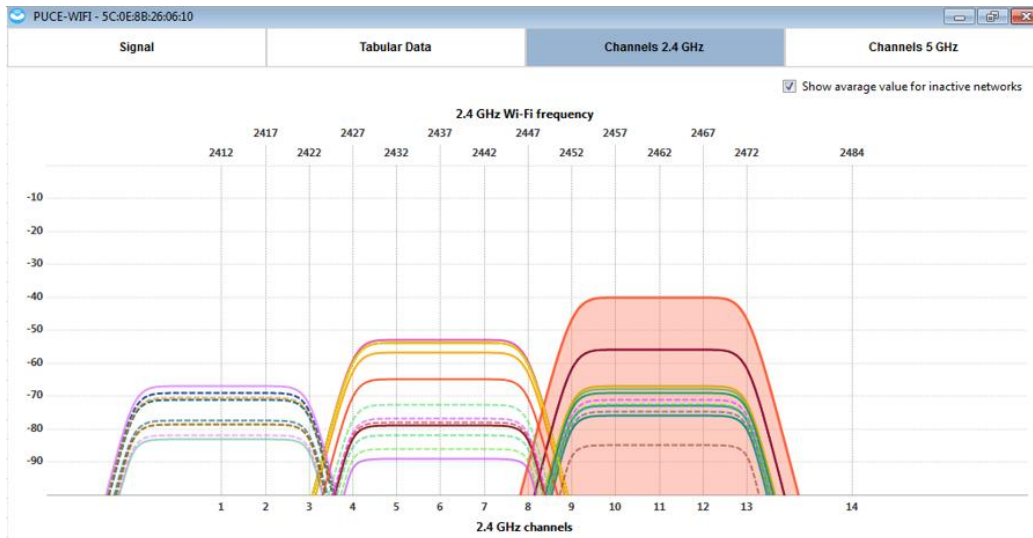


Figura 21. Access Point 5C:OE:8B:26:06:10 - Canal 11.

Estudio Quinto Piso

Al realizar el análisis del quinto piso se encuentran visiblemente dos AP650, se realiza mediciones de 5m y 10m en los puntos cardinales norte, sur, este y oeste para analizar su cobertura y canal en que trabajan, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 5. Resultados AP Quinto Piso

BSSID	Ubicación	Señal	Mínimo	Máximo	Canal
5C:OE:8B:26:05:60	Base	-37	-96	-31	11
	M1 Norte	-45	-96	-28	11
	M1 Sur	-42	-65	-24	11
	M1 Este	-35	-65	-24	11
	M1 Oeste	-42	-65	-24	11
	M2 Norte	-54	-96	-28	11
	M2 Sur	-59	-96	-38	11

	M2 Oeste	-47	-66	-24	11
5C:OE:8B:26:07:10	Base	-48	-96	-42	6
	M1 Norte	-54	-96	-42	6
	M1 Sur	-43	-96	-42	6
	M1 Este	-55	-96	-41	6
	M1 Oeste	-63	-96	-39	6
	M2 Norte	-53	-96	-27	6
	M2 Sur	-35	-96	-34	6
	M2 Este	-60	-96	-27	6
	M2 Oeste	-65	-96	-39	6

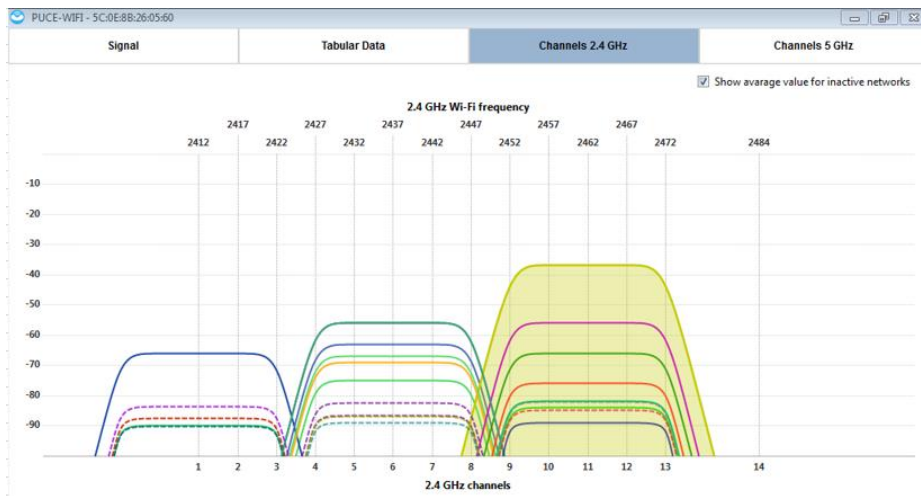


Figura 22. Access Point 5C:OE:8B:26:05:60 - Canal 11.

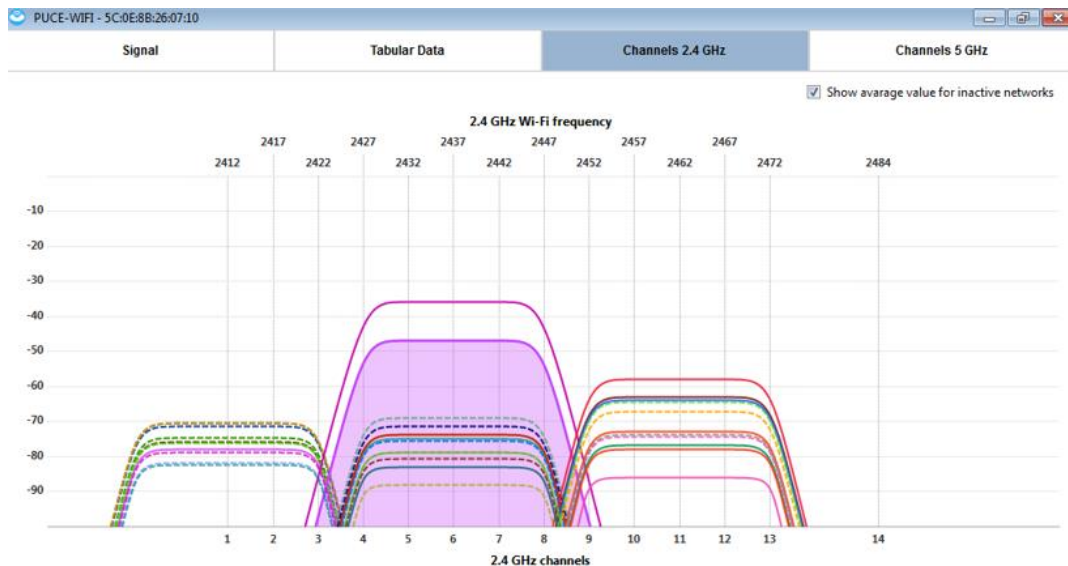


Figura 23. Access Point 5C:OE:8B:26:07:10 - Canal 6.

Estudio Sexto Piso

Al realizar el análisis del Sexto Piso se encuentran visiblemente tres AP, se realiza mediciones en la base del AP de 5m y 10m distribuidos en los puntos cardinales norte, sur, este y oeste para analizar su cobertura y canal en que trabajan, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla 6. Resultados AP Sexto Piso

BSSID	Ubicación	Señal	Mínimo	Máximo	Canal
5C:OE:8B:25:C2:30	Base	-37	-96	-37	1
	M1 Norte	-49	-96	-36	1
	M1 Sur	-45	-96	-36	1
	M1 Este	-49	-96	-36	1
	M1 Oeste	-46	-96	-36	1

	M2 Norte	-39	-58	-35	1
	M2 Sur	-53	-78	-41	1
	M2 Este	-75	-78	-73	1
	M2 Oeste	-64	-96	-36	1
B4:C7:99:CC:A7:20	Base	-39	-96	-34	6
	M1 Norte	-44	-96	-27	6
	M1 Sur	-59	-96	-27	6
	M1 Este	-37	-96	-31	6
	M2 Norte	-59	-86	-39	6
	M2 Sur	-54	-67	-47	6
	M2 Este	-74	-86	-39	6
	M2 Oeste	-62	-58	-35	6
5C:OE:8B:25:F3:90	Base	-36	-61	-35	11
	M1 Norte	-43	-61	-33	11
	M1 Sur	-37	-61	-37	11
	M1 Este	-56	-57	-41	11
	M2 Sur	-54	-61	-33	11
	M2 Este	-56	-96	-43	11

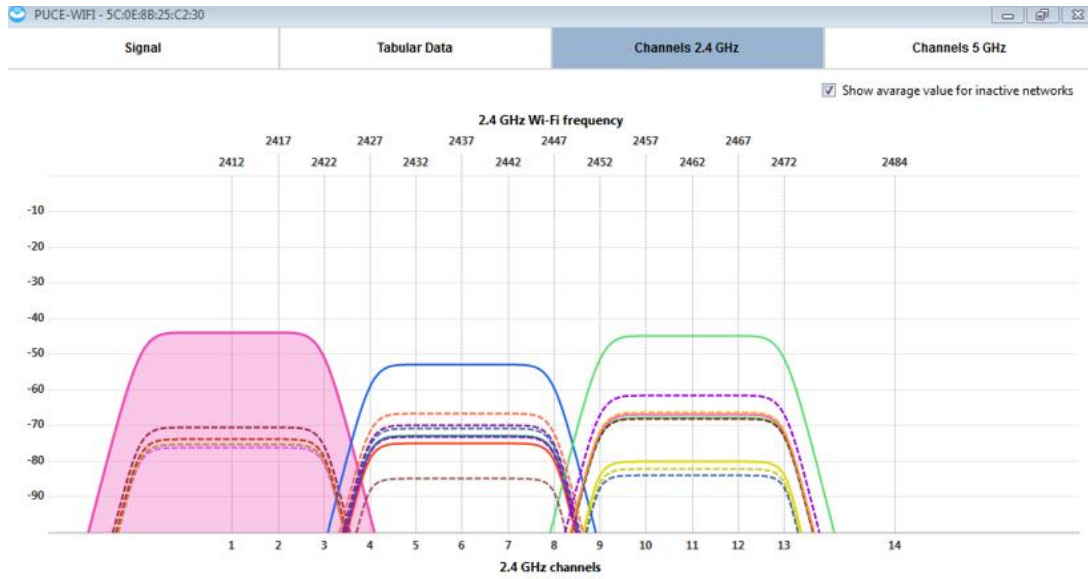


Figura 24. Access Point 5C:0E:8B:25:C2:30 - Canal 1

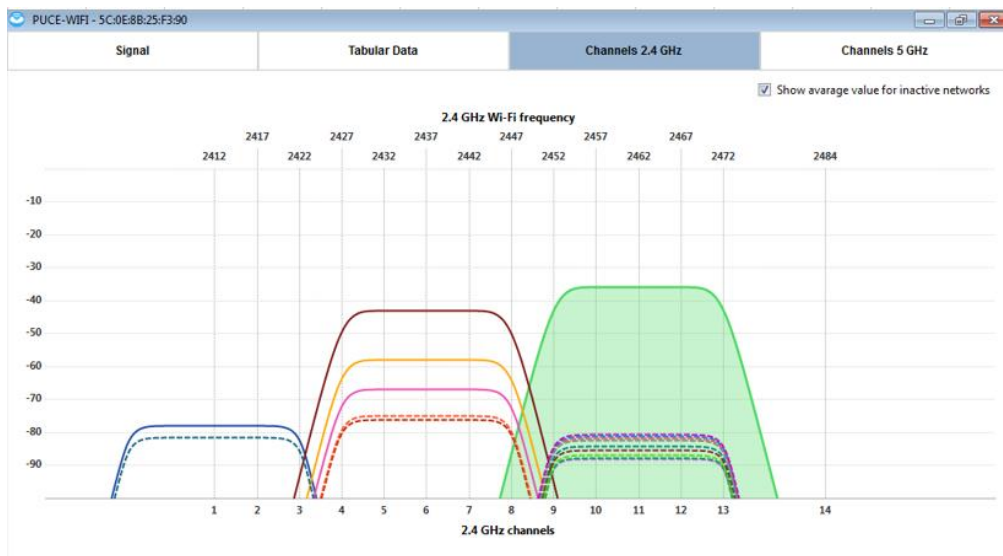


Figura 25. Access Point 5C:0E:8B:25:F3:90- Canal 11

5.2.2.3 Análisis de Cobertura de la Facultad de Ingeniería Estudio de la Red Wi-Fi, nivel de señal óptica teórica.

Al zonificar los predios de la facultad de ingeniería se identifica de manera visual, las áreas de cobertura ideales, conflictivas o problemáticas en la actualidad.

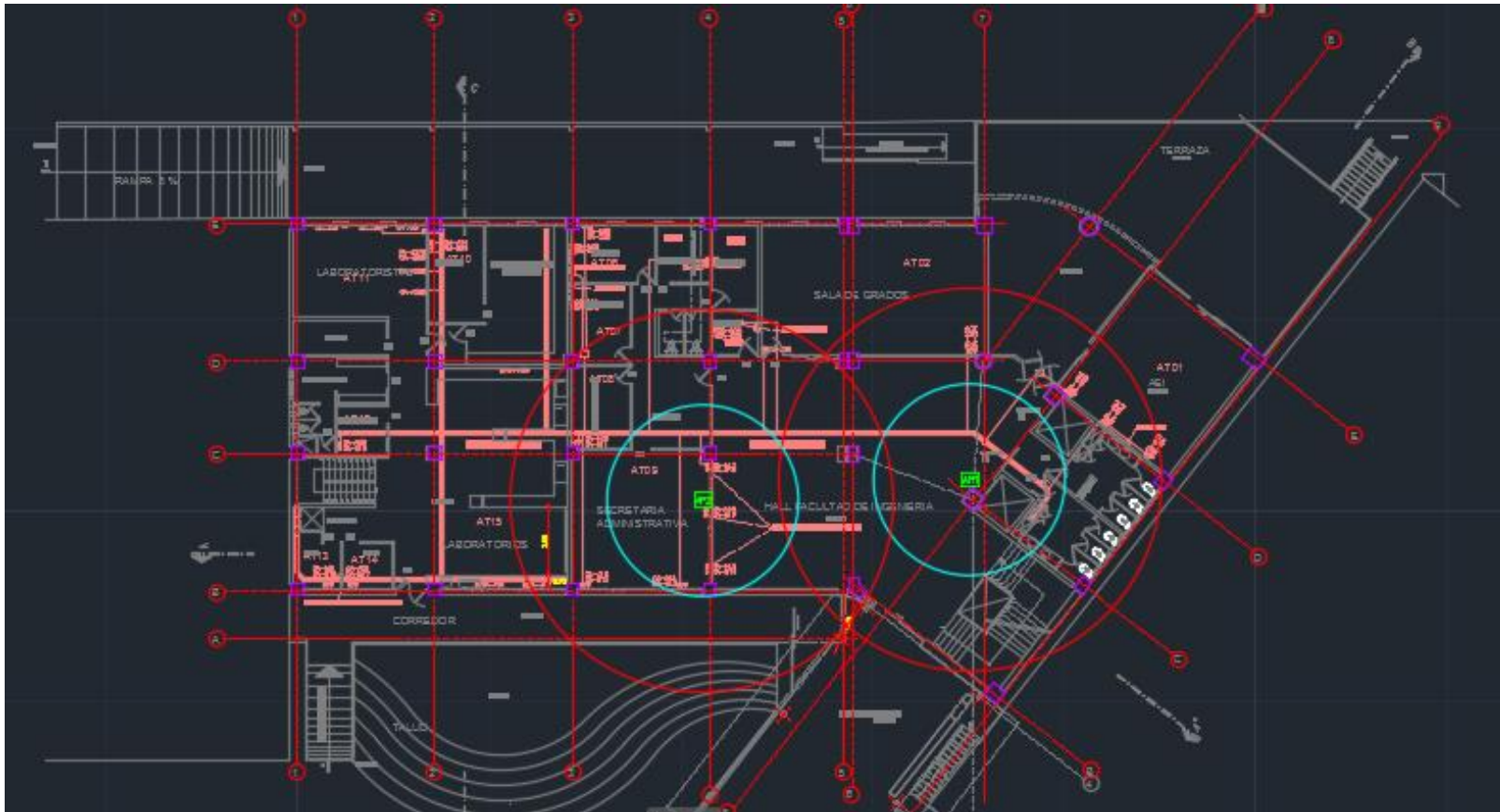


Figura 26. Cobertura Planta Baja

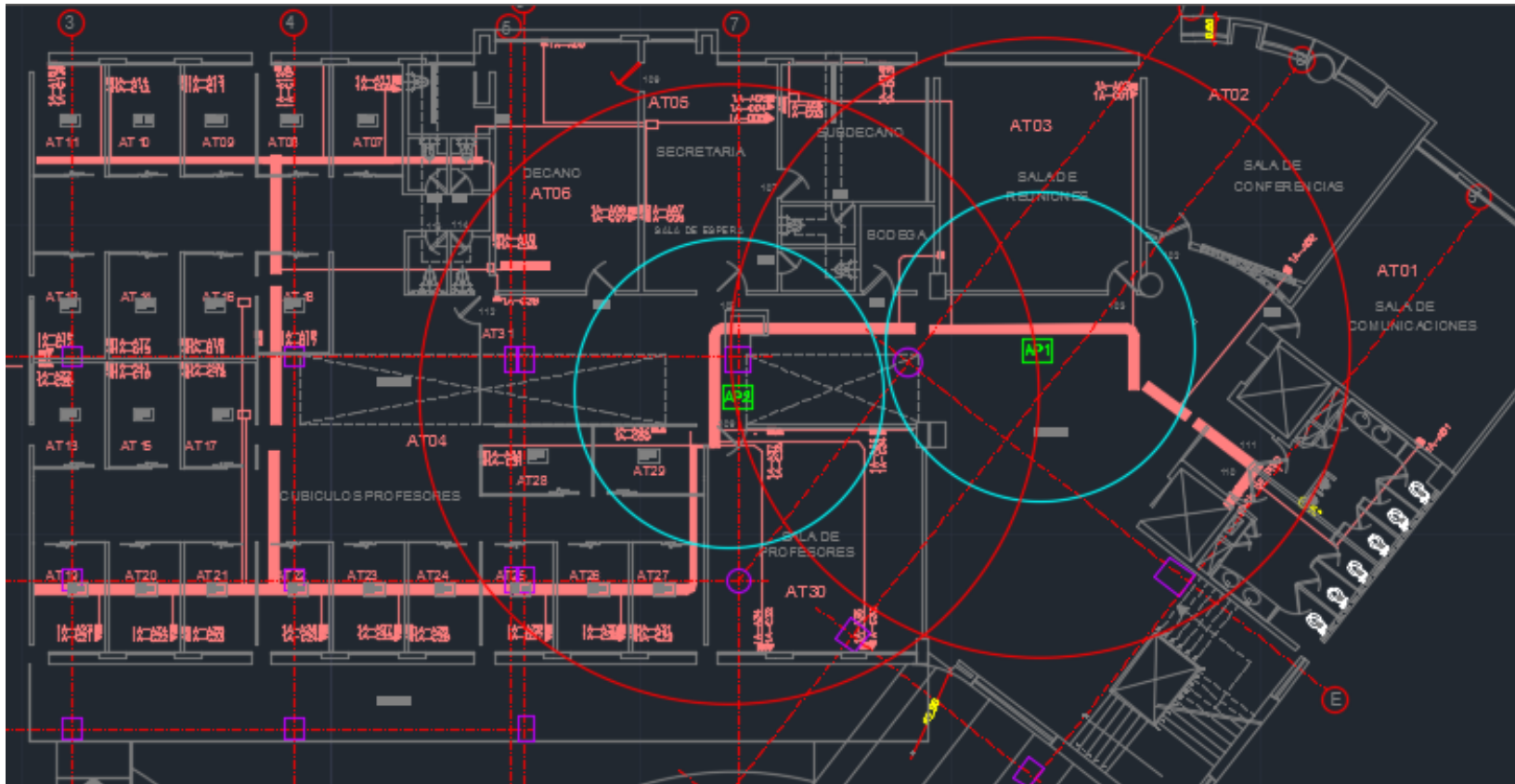


Figura 27. Cobertura Primer Piso.

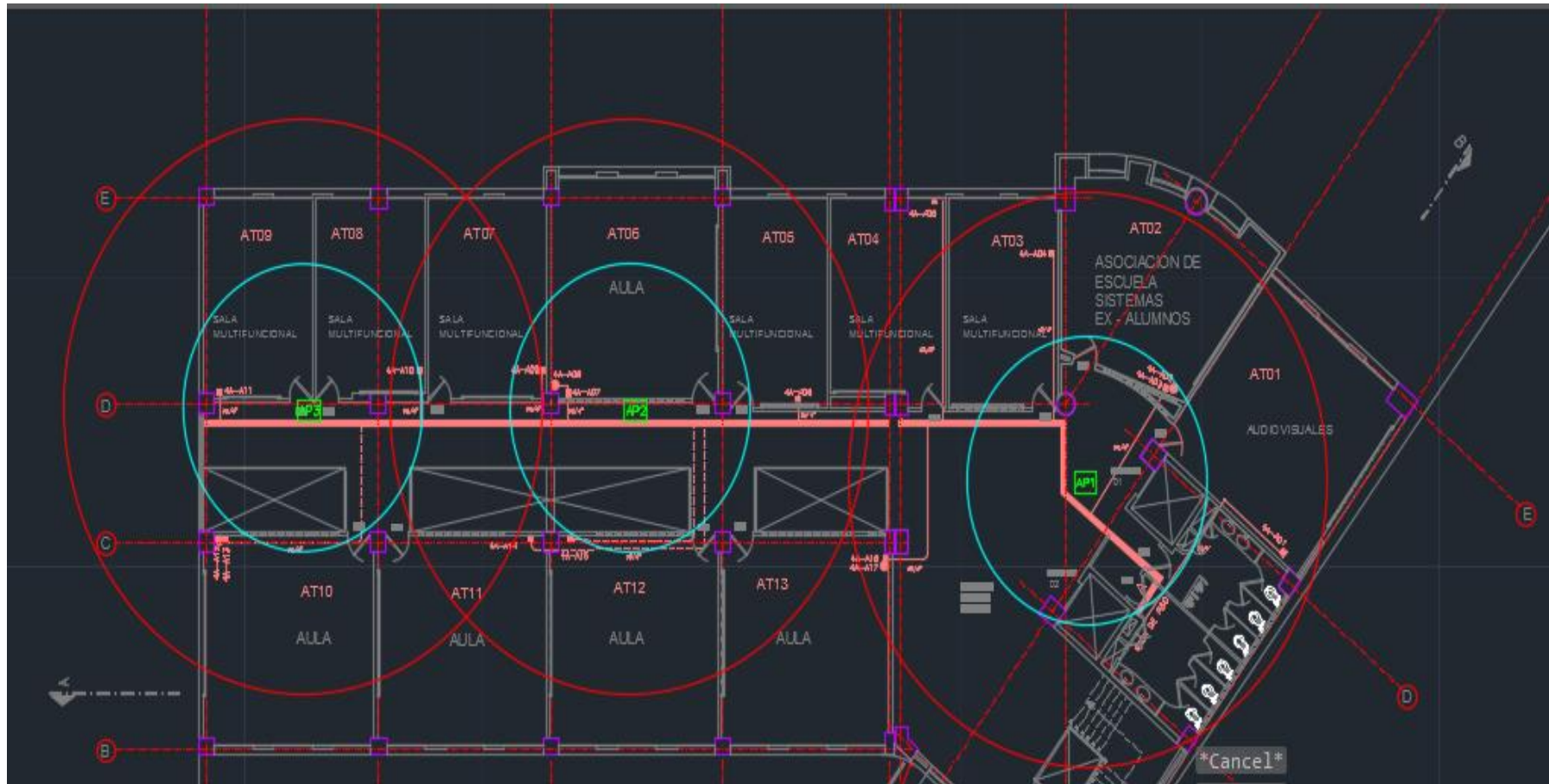


Figura 28. Cobertura Tercer Piso.

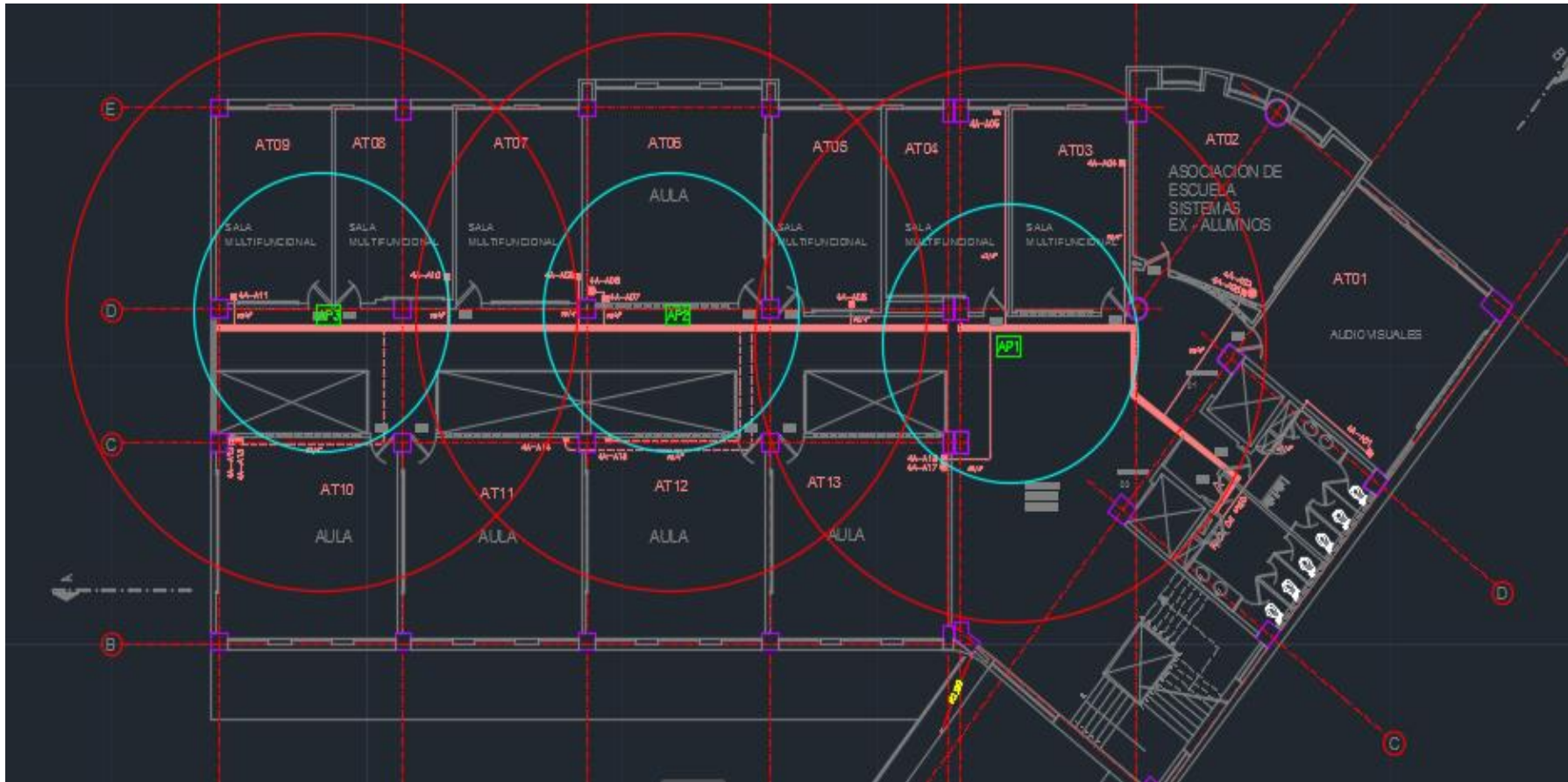


Figura 29. Cobertura Cuarto Piso

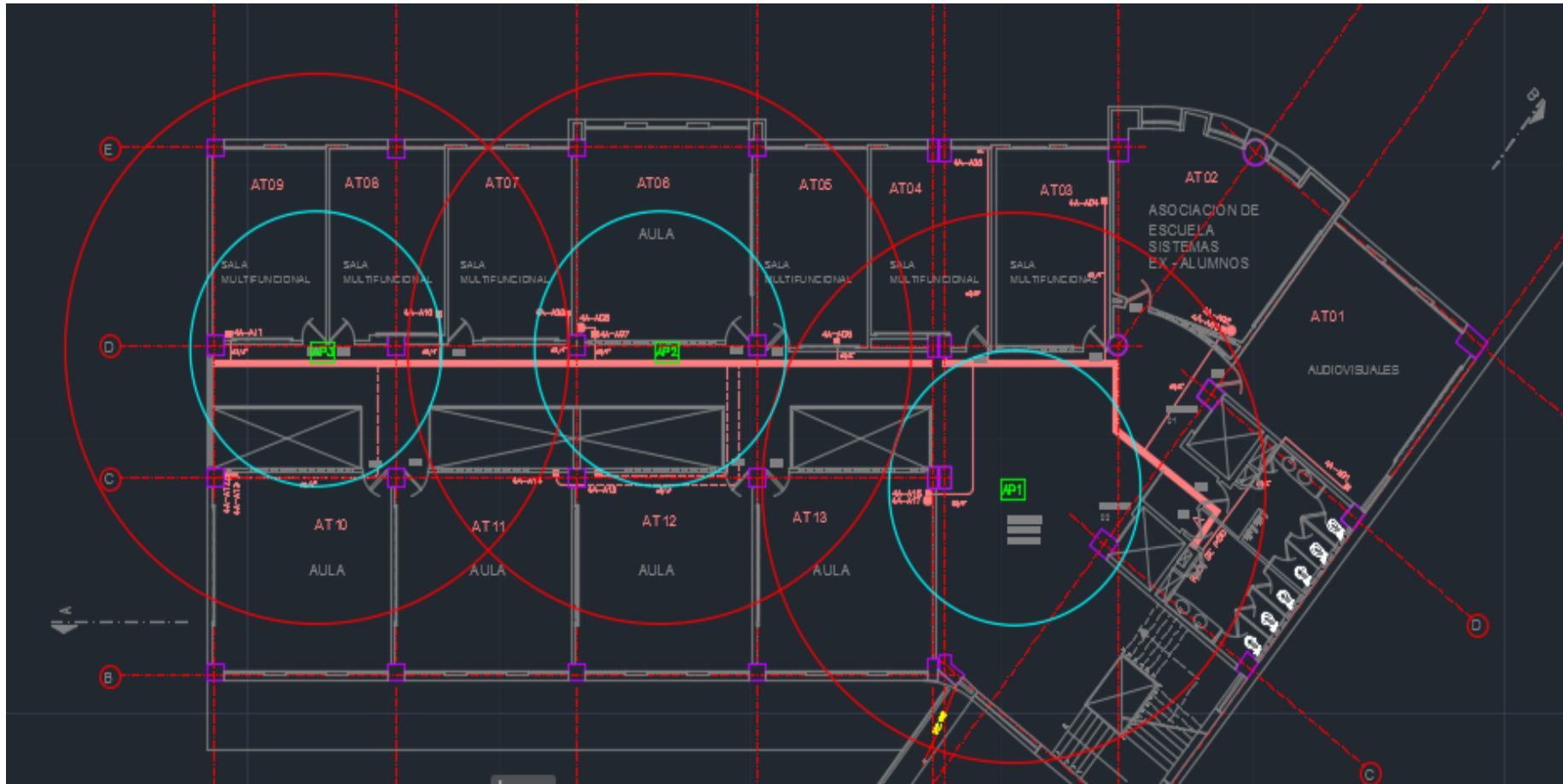


Figura 30. Cobertura Quinto Piso

Dentro de las imágenes adjuntas anteriormente se tiene los resultados visuales siguientes:

- En los pisos analizados en forma general se observan que los AP están dos circunferencias graficas; las mismas son el resultado de las muestras tomadas dentro de la base del AP, la primera circunferencia de color azul es la muestra tomada a cinco metros aproximadamente de la base, en todos los ángulos posibles, la siguiente circunferencia se tiene de color rojo demuestra una señal con una calidad óptima de cobertura.
- El área fuera del análisis anterior en cada uno de los pisos, muestran visualmente que se tiene un área de cobertura marginal donde la señal es baja pero no deja de ser útil.
- Dentro de este análisis no está incluido el segundo piso ya que este tiene su propia infraestructura de red inalámbrica.

5.2.2.4 Análisis de Trafico en la Facultad de Ingeniería

Los datos en la Figura 32. Muestra el tráfico tomado durante y 30 min en hora pico de afluencia de estudiantes (Hora Inicio = 16:05 Hora Fin = 16:30), visualizando 1min de caída en el servicio esto es controlado mediante controladoras a nivel general dentro de la universidad las mismas que monitorean, controlan y administran la red de forma inmediata, permitiendo tener un *roaming* dentro de la facultad donde cada usuario pueda moverse y no sufrir ningún tipo de desconexión.

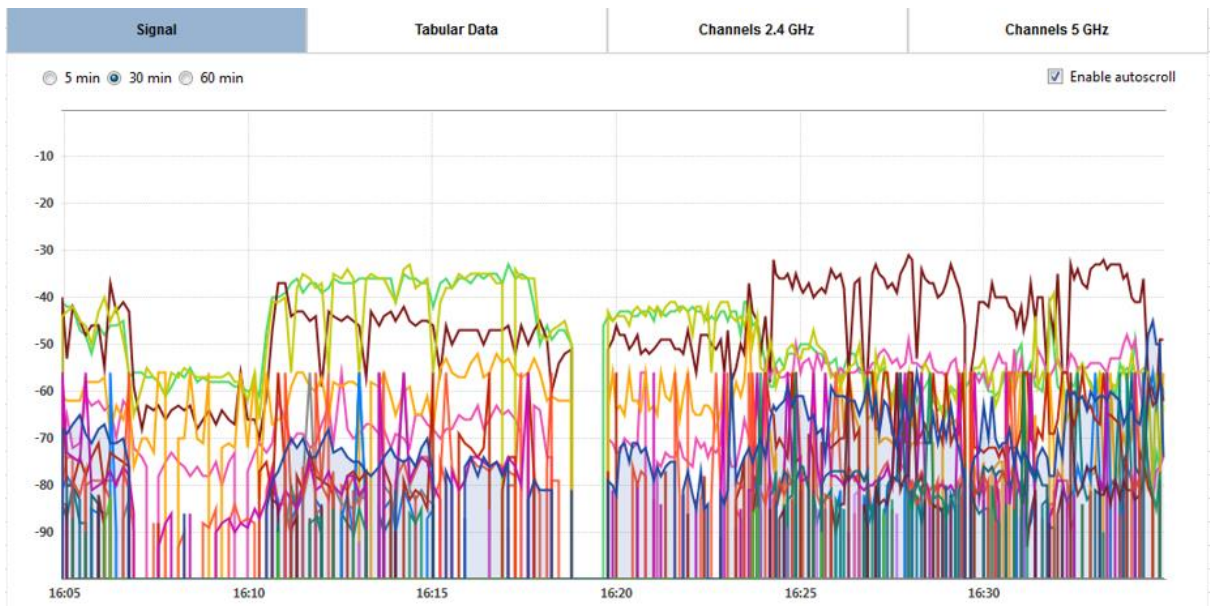


Figura 32. Trafico dentro de la Facultad de Ingeniería

En esta fase se determina los resultados obtenidos durante un lapso de tiempo de 30min en dos horas pico del día, 10am y 16pm, en el mismo se envía un paquete de datos para analizar el tráfico teniendo como resultado 652 registros de los cuales se obtiene como resultado que el 35.32% es de WEB, seguido de un 19.75% de aplicaciones de redes sociales, YouTube con un 15.23% siendo estos los resultados con mayor transmisión de datos; el resto pertenece a otro tipo de transmisiones, como Hotmail, iTunes, Google Driver entre otros.

5.2.2.5 Topología de Red en el Estándar 802.11

Las redes de computadoras nacieron como una necesidad de interconectar bajo la estructura de conexión punto-multipunto; los diferentes componentes que forman parte de una red, se pueden interconectar o unir de diferentes formas, permitiendo elegir un factor fundamental que va a determinar el rendimiento y la funcionalidad de la red.

La disposición de los diferentes componentes de una red se conoce con el nombre de topología con los siguientes componentes:

- Estación Cliente (*Station*, STA) que puede ser un elemento que se conecta como una portátil equipado con el estándar 802.11.
- Punto de acceso o Access Point (AP) que es un nodo *Wi-Fi* que proporciona la conectividad entre estaciones cliente conectadas a él y entre el resto de la red.
- El medio inalámbrico donde se hace énfasis a las distintas alternativas en capa PHY donde puede variar tanto frecuencia como modulaciones, etc.
- Un Sistema de Distribución (*Distribution System*, DS) que se trata de un componente lógico para el intercambio y conmutación de tramas en sistemas con varios Access Point unidos a toda una red troncal
- Antenas: Dispositivos cuya misión es difundir ondas radioeléctricas, estas transforman las señales eléctricas en ondas electromagnéticas o viceversa.
- Las antenas trabajan conjuntamente con otros dispositivos como *access point* o tarjetas de red inalámbricas
- Existen dos tipos de antenas Omnidireccionales y Direccionales

Antenas Omnidireccionales: Proveen cobertura en toda dirección su señal se caracteriza por tener forma de toroide permitiendo un alcance en forma horizontal aunque pierden su potencia a nivel vertical.

Antenas Direccionales: Irradian su cobertura en una sola dirección su señal se caracteriza por hacerla en una sola dirección son las más usadas en enlaces de punto a punto.

- BSS (*Basic Service Set*) o conjunto de servicios básicos donde su mismo nombre lo sugiere, se trata de un conjunto de STA's que tienen conexión directa entre cada una de ellas Existen dos tipos:

- IBSS (BSS Independiente): Las Estaciones Cliente se comunican en modo Ad-HOC es decir directamente.
- BSS con infraestructura: Las Estaciones Cliente se comunican mediante un Access Point.

Cada BSS se identifica por un Identificador de Conjunto de Servicio (*Set Service Identifier, SSID*). “Una característica importante de los BSS es que se pueden asociar varios conjuntos tomando forma de un BSS extendido”. (Herper, 2001)

5.2.2.6 Arquitecturas usadas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

En forma general dentro de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador usa u estructuras bajo la topología estrella y anillo en estrella.

5.2.2.6.1 Topología en Estrella

Topología Estrella: Esta topología es una red de computadoras donde sus estaciones están conectadas directamente a un punto central que puede ser un repetidor, conmutador o concentrador, donde todas sus comunicaciones se hacen a través de este punto, los dispositivos no están conectados directamente entre sí.

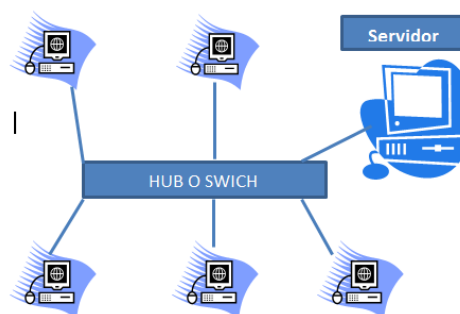


Figura 33. Topología en Estrella

5.2.2.6.2 Topología Anillo – Estrella

Esta topología están conectadas de la misma manera que la topología estrella, a un punto central con la única diferencia que están enlazados para formar una red en anillo esto permite un mayor tráfico de red entre segmentos.

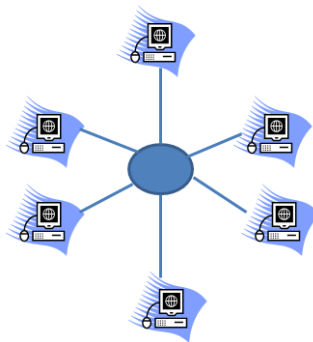


Figura 344. Topología Anillo Estrella

5.3 Estrategias para Mitigar los fenómenos encontrados: saturación de los canales de transmisión, bajas tasas de transferencia y alta frecuencia de aparición de zonas muertas

5.3.1 Saturación de Canales de Transmisión

Una de las principales causas de la saturación de canales, es el uso de canales saturados o con interferencias, algunos *routers* tienen integrado un analizador de espectro que valida que canal es el menos saturado, sin embargo, existen dispositivos que requieren una configuración manual el cual nos permite escoger el canal menos recargado sin embargo se ha

detectado que esta configuración ya se encuentra establecida por defecto dentro de la Facultad de Ingeniería.

La saturación de canales también se debe a la proximidad de redes inalámbricas, ya que cada red dispone de una serie de rangos de frecuencias para su uso, se ha logrado detectar dentro de la Facultad de Ingeniería saturación de canales debido a la proximidad de redes fuera del establecimiento.

5.3.2 Bajas Tasa de Transferencia

Una de las principales causas de bajas transferencias en redes *Wi-Fi* se da porque la velocidad de enlace con el punto de acceso en un área tan grande, posee obstáculos arquitectónicos por existir varios pisos que da como resultados que la cobertura tenga menos velocidad de transmisión, la solución para estos inconvenientes es la reubicación del AP a una nueva posición donde se puede encontrar una calidad más óptima de señal.

5.3.3 Problemas encontrados en el Estudio de Frecuencia de la Red WiFi de la PUCE

Se identifica los siguientes problemas:

- La red inalámbrica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador para la Escuela de Ingeniería, está formada por múltiples puntos de acceso repartidos entre los pisos de la escuela para proporcionar la máxima cobertura *Wi-Fi* a todas las zonas sin embargo se detecta que su ubicación no son las más óptimas en ciertos pisos.

- El número de usuarios conectados a la red inalámbrica crece, debido a la conexión de varios dispositivos de forma simultánea a los diferentes puntos de acceso usando el mismo usuario y contraseña como por ejemplo un usuario se ingresa a su *laptop* personal, teléfono, por lo que se duplica el número de conexiones por usuario lo que genera un gran problema.
- Las redes *Wi-Fi* encontradas utilizan el mismo medio de transmisión, la velocidad de transmisión va decreciendo a medida que crece el número de usuarios conectados a una misma red y especialmente al movimiento físico de cada usuario.
- Cuando un punto de acceso se conectan demasiados usuarios, se identifica que apenas se tiene un ancho de banda disponible, incluso en ocasiones se pierde conectividad inalámbrica con el punto de acceso o se identifica que la conectividad es limitada o nula en el equipo.

5.4 Diseño de la nueva infraestructura de la red Wi-Fi para mitigar los inconvenientes encontrados en las áreas de cobertura de bajo nivel.



Figura 355. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Planta Baja



Figura 366. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Primer Piso



Figura 37. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Tercer Piso



Figura 388. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Cuarto Piso



Figura 399. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Quinto Piso

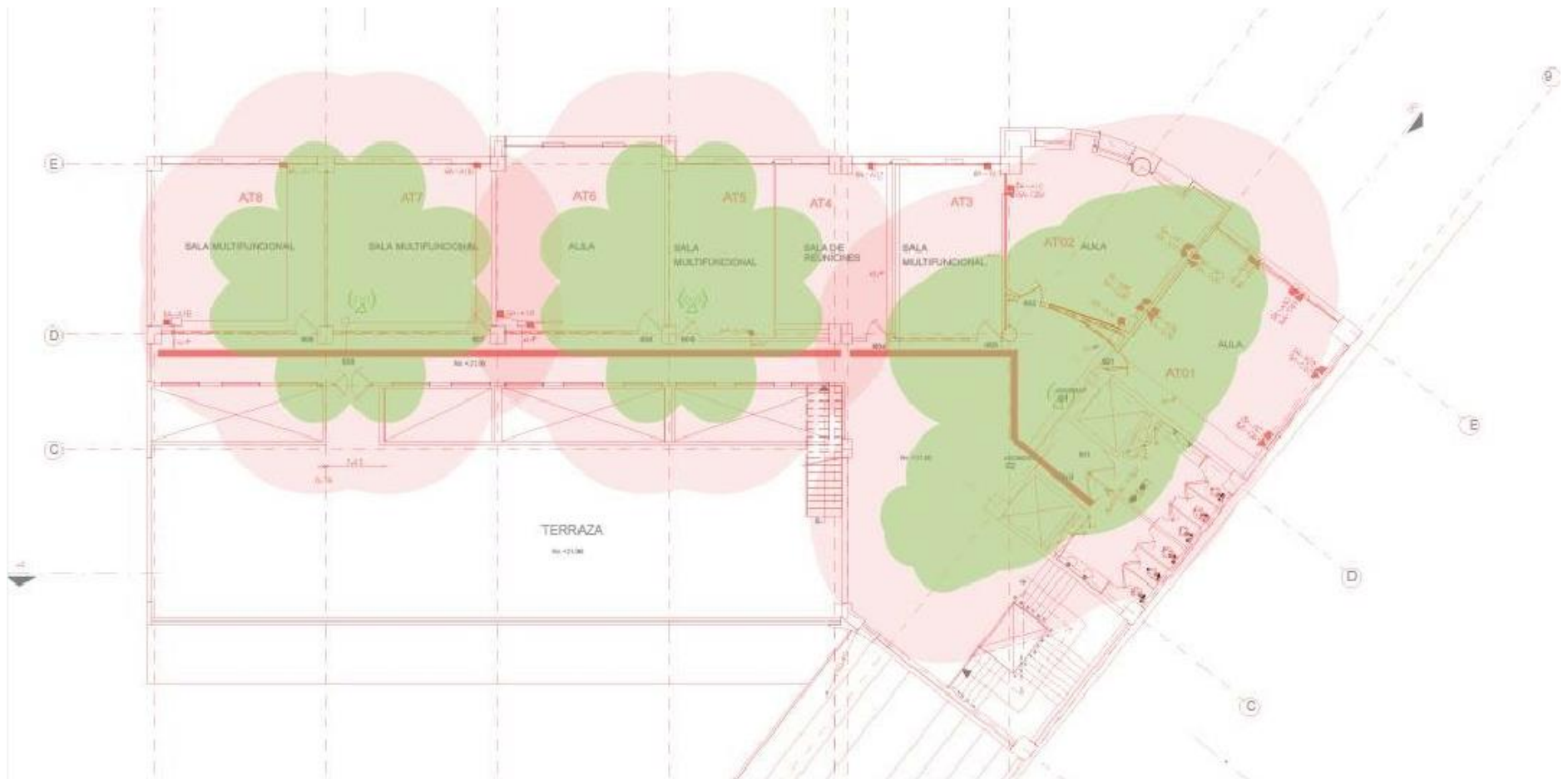


Figura 40. Nuevo Diseño Cobertura Wi-Fi Sexto Piso

- Se plantea la nueva reestructuración de la red Wi-Fi para la Facultad de Ingeniería para los pisos Planta Baja, Primer Piso, Tercero, Cuarto, Quinto y Sexto Piso, donde se presenta una señal de cobertura con Calidad Óptima identificada con color verde y con una cobertura con Calidad Marginal de color rojo.
- La reestructuración de la nueva cobertura de señal indica un nuevo posicionamiento de los AP, que permite emitir señales óptimas, la propuesta se basa específicamente en el criterio de potencia encontrados y en la polarización de antenas que permitan reubicar los equipos y brindar una buena cobertura, en niveles ideales de señal.
- Las coberturas han podido disminuir las zonas muertas encontradas dentro del análisis, para poder tener una mayor señal de red Wi,-Fi
- La ubicación de los AP presenta factores no exentos a la nueva distribución, como por ejemplo; interferencias por estructuras físicas, lugares próximos con otras señales Wi-Fi, que trabajan bajo el mismo canal por eso sus características físicas en los AP se distribuyen de forma homologada.
- Al tener redes aledañas a la Facultad de Ingeniería, queda descartado interferencias causadas por otras redes, sin embargo se configurara los AP en cada uno de los pisos, de forma que no trabajen en el mismo canal, como en el Piso Tres donde dos AP se encuentran trabajando bajo el canal#6.
- En la Planta Baja y Primer Piso se hizo una reestructuración reutilizando los mismos AP, pero reubicando en especial el AP#2 a una mejor posición para que emita una mejor cobertura de señal.
- En los Pisos Tercero, Cuarto y Quinto al ser pisos gemelos se reubicaran lejos de la canaleta metálica esto para evitar interferencias y emitir una mejor

cobertura de señal para las aulas ubicadas para el lado izquierdo como para el derecho.

- Los AP del Piso Seis son reubicados dentro de las aulas con un metro de distancia a la pared física ya que al estar fuera de las mismas su señal se atenúa, ya que existe en la terraza más señal de ruido y ocasiona que la señal no sea optima

6. Conclusiones

Luego del análisis y los resultados obtenidos y considerando el cumplimiento de los objetivos planteados en este caso de estudio se llega a las siguientes conclusiones

- La red inalámbrica de los alumnos de la PUCE está formada por múltiples puntos de acceso repartidos por un mismo SIDD para proporcionar la máxima cobertura *Wi-Fi* a todas las zonas de la universidad y como tal a la escuela de ingeniería se determina que existen problemas en ciertas áreas debido a la aparición de zonas muertas.
- La saturación es la causa de las bajas velocidades inalámbricas y también pérdida de conectividad *Wi-Fi*.
- A través de la utilización del *software Netspot* se identifica que al monitorear el comportamiento del tráfico en la red de la PUCE y de esta forma analizar los diferentes parámetros usados en la configuración actual de la red inalámbrica presentándose un porcentaje mínimo de cobertura en cada uno de los pisos analizados dentro de la Escuela de Ingeniería.
- Como se ha podido comprobar en las pruebas de rendimiento, el número de clientes excede el máximo que soportan los puntos de acceso y una gran saturación en la mayoría de puntos de acceso de la institución.

- Con la popularización de los *smartphones* y *tablets* este problema está aumentando, ya que Wi-Fi usa el mismo medio de transmisión y por cada usuario va disminuyendo la velocidad máxima que se puede conseguir.

7. Recomendaciones.

- Se recomienda no tener zonas muertas, permitiendo que cada canal usado por los Access Point brinde una cobertura específica y no tenga interferencias con otros; para esto se debe evitar que los canales se repitan.
- Se recomienda la configuración de los canales para los Access Point a modo que no se solapen entre sí para el piso tres ya que están trabajando dos Access Point en el canal 6.
- Se identifica que no se tiene señales aceptables por lo cual se debe brindar una señal aceptable, como se logra esto; mediante una controladora que evita un overlapping reubicando los Access Point para brindar mayor calidad de señal y una mejor cobertura dentro de la Facultad de Ingeniería.
- Ha sido detectado que la señal disminuye por existir construcciones adyacentes como la Escuela Politécnica, Universidad Salesiana y entre otros edificios para lo cual es necesario realizar nuevas ubicaciones de las antenas.

8. Bibliografía

OLIVAS, Luis (2010). “Proyecto de Investigación: Analizar e identificar las tecnologías de comunicación inalámbricas, su aplicación y usos dentro del Instituto Tecnológico de Durango”. Tesis Doctoral, Instituto Tecnológico De Durango. Departamento de Sistemas y Computación Licenciatura en Informática/ Ingeniería en Sistemas Computacionales. Pag.54

RUNANO, Lourdes (2009). “Diseño de un proveedor de servicio de internet utilizando el estándar IEEE 802.11n para el área urbana de la ciudad Ibarra”. Tesis para la obtención de ingeniería de Escuela Politécnica Del Ejército Departamento de Eléctrica y Electrónica. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones. Pág. 185

SORIANO, Ramón (2008): Cómo se escribe una tesis: guía práctica para estudiantes e investigadores. España: Berenice. Pág. 52.

TANENBAUM, Andrew (2003). Redes de computadoras. Pearson Ediciones. 4ª Edición. México DF.

WNDW autores (2013). Redes inalámbricas en los países en desarrollo. Creative Commons Attribution Share Alike.30. 4ª Edición. Dinamarca. Pág. 530.

Páginas Web:

BARRAGÁN, G. (2013), Bandas ISM, Disponible en: <http://bandasism.blogspot.com/search?updated-min=2013-01-01T00:00:00-08:00&updated-max=2014-01-01T00:00:00-08:00&max-results=1>, 10 /03/2016.

Definición. De (2008), Definición de WI-FI. Visitado en: <http://definicion.de/wifi/>, 01/02/2016.

GUEVARA, Roberto (2013), Una propuesta de solución al problema de la interferencia entre redes wifi por solapamiento de canales, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-81702013000200001&script=sci_arttext, 02/02/2016.

DE LUZ, Sergio (2013). Razones para usar la banda de 2.4GHz en Wi-Fi en lugar de 5GHz, Disponible en: <http://www.redeszone.net/2013/01/09/razones-para-usar-la-banda-de-5ghz-en-wi-fi-en-lugar-de-2-4ghz/>,26/02/2016.

ESCUADERO, A (2007). Estándares de Tecnologías Inalámbricas, Disponible en: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/02_es_estandares-inalambricos_guia_v02.pdf, 11/03/2016

HERPER, Matthew (2001). Smart Kitchens a Long Way Off. Forbes digital [en línea]. Disponible en: <http://www.forbes.com/2001/12/21/1221networking.html>, 08/03/2016.

Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Rama Estudiantil El Salvador (2010). Un poco de historia. Disponible en: http://ewh.ieee.org/sb/el_salvador/uca/historia.html, 18/02/2016

KNOTIK (2010). WI-FI Aplicaciones Wireless.

LADRÓN DE GUEVARA, Juan (2015). Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=T1D9T21RCJw>

MBCESore (2006), AP-7532-67030-US- Zebra AP 7532, Disponible en: <http://www.mbcestore.com.mx/zebra/parte-ap-7532-67030-us.htm>, 05/03/2016

**Neptspot (2016) Top asked questions, Disponible en : <http://help.netspotapp.com/>
06/03/2016.**

TP-LINK Technologies Co., (2016). Preguntas frecuentes, Disponible en: <http://www.tp-link.com/mx/article/?faqid=229>. 03/05/2016

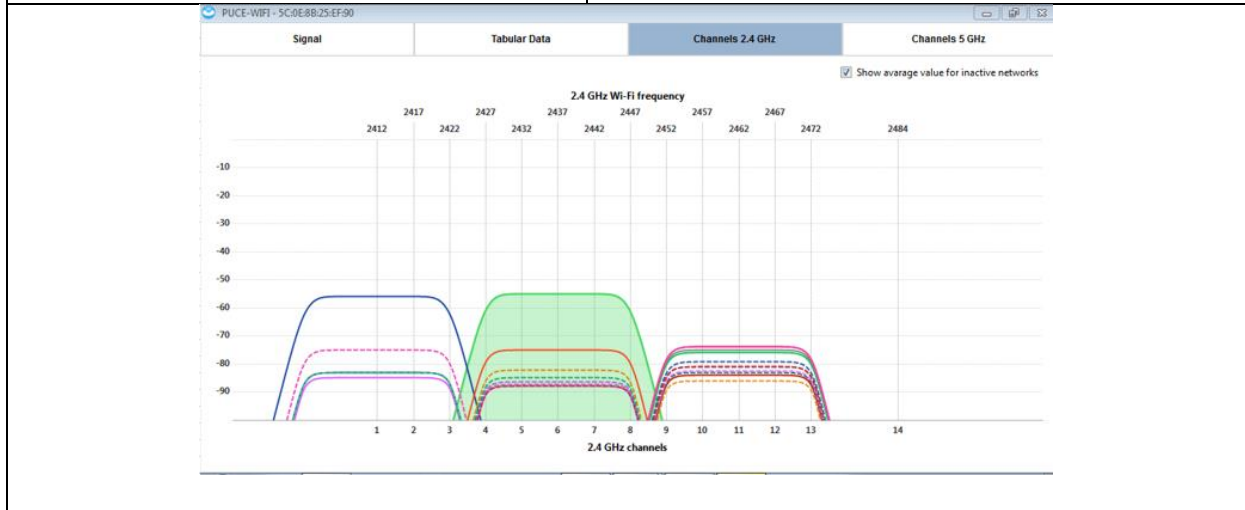
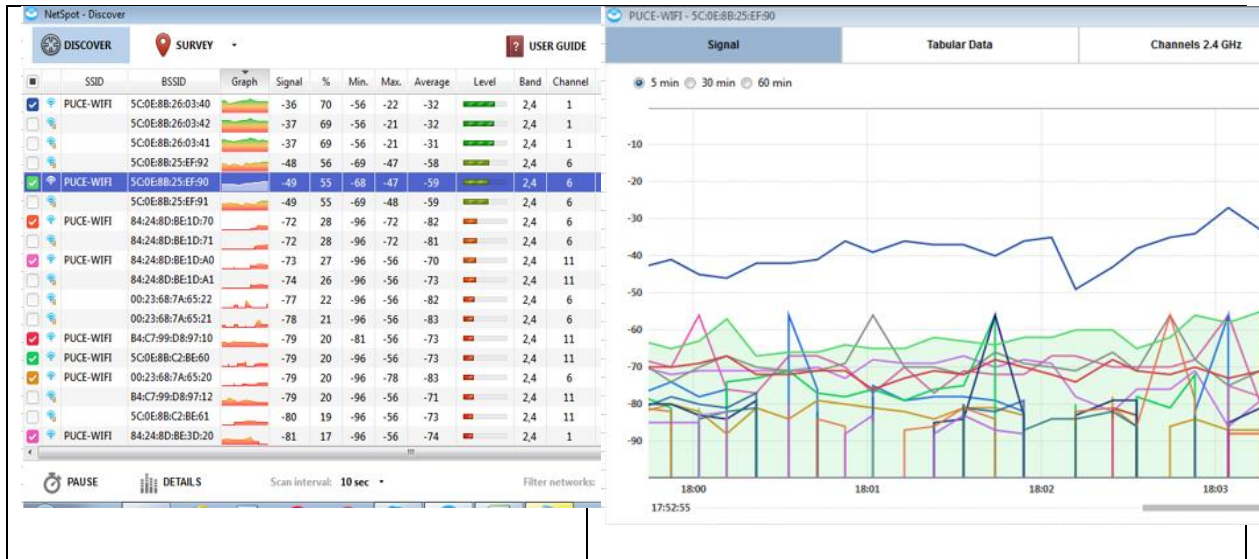
**Ryohnoske. com (2010), Ventajas y Desventajas entre las frecuencias 2.4 GHz y 5.8 GHz. [Mensaje en un blog], visitado en :
<http://www.ryohnosuke.com/foros/index.php?threads/1662/>, 21/02/2016.**

9. ANEXOS

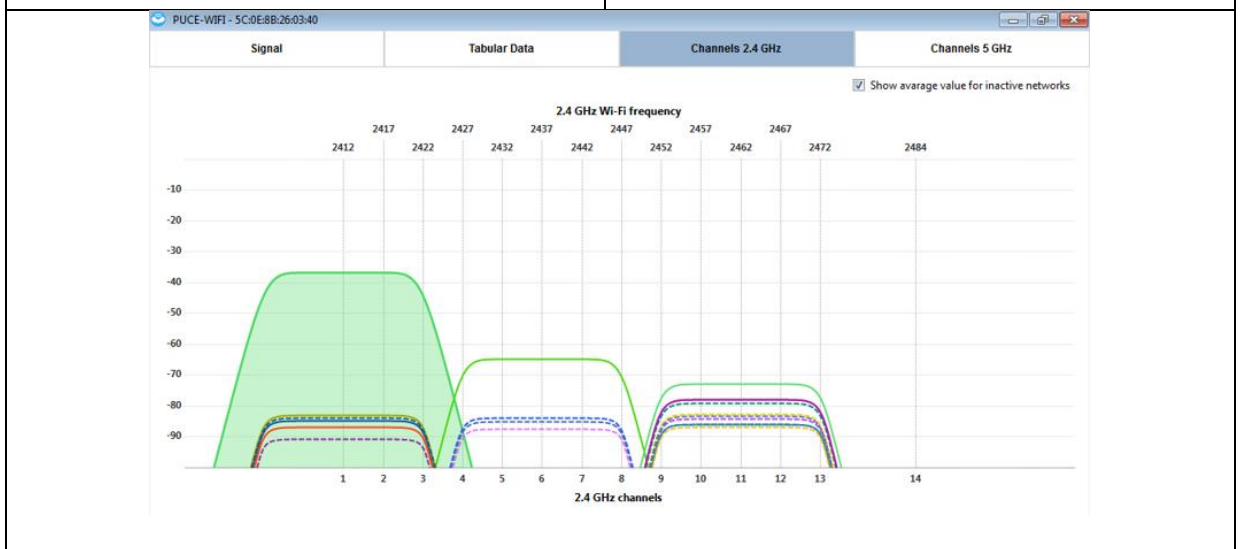
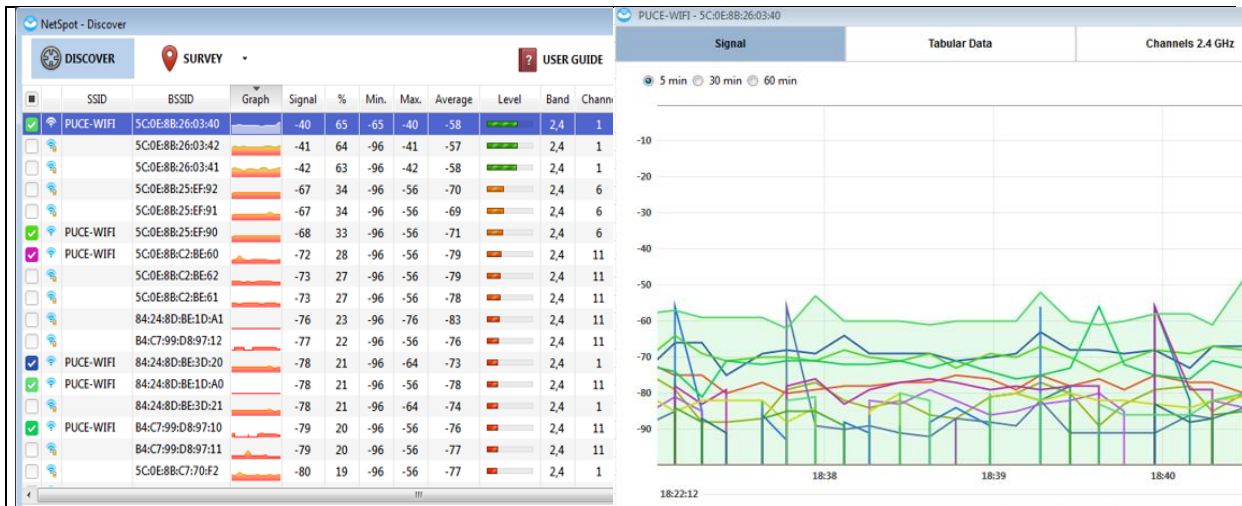


Fuente: <https://carledwinj.files.wordpress.com/2013/07/rede-sem-fio.jpg> (09/04/2016)

Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:25:EF:90

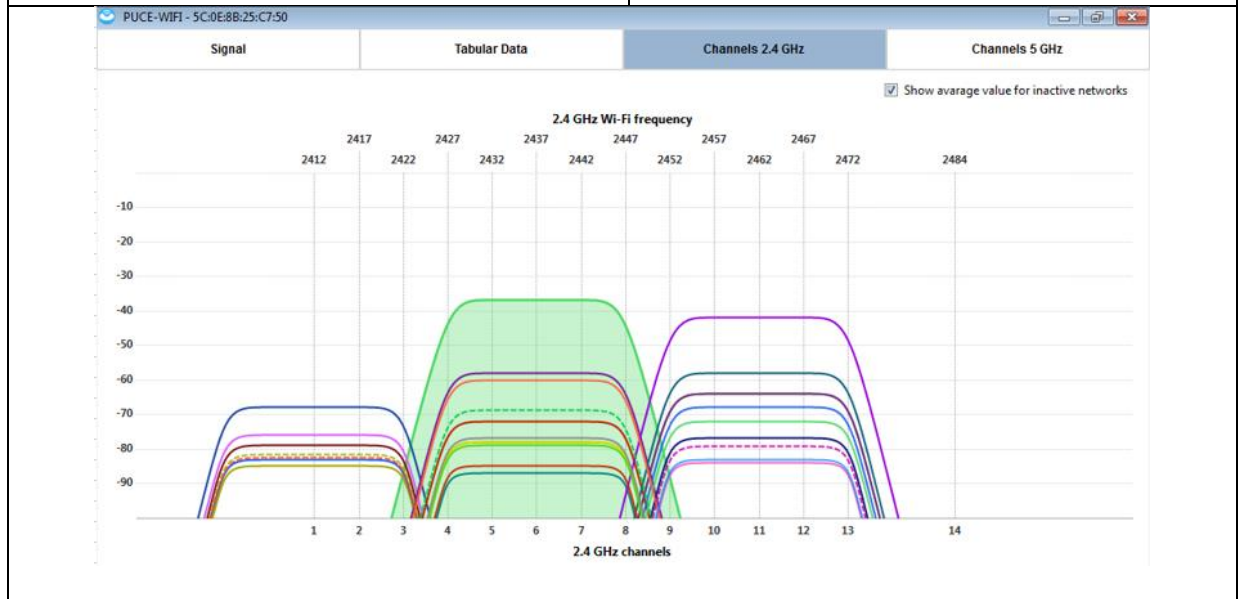
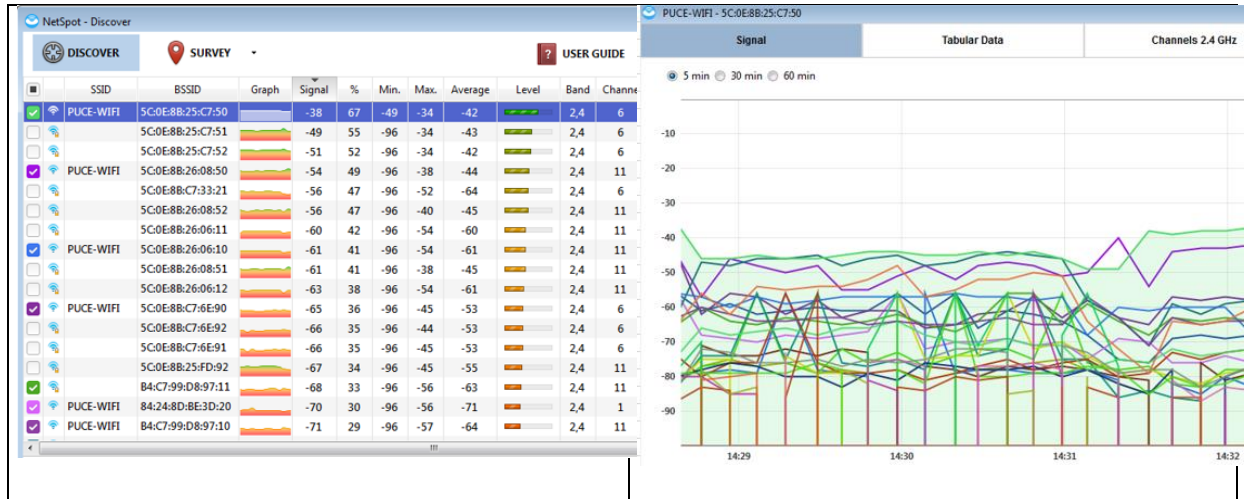


Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:26:03:40

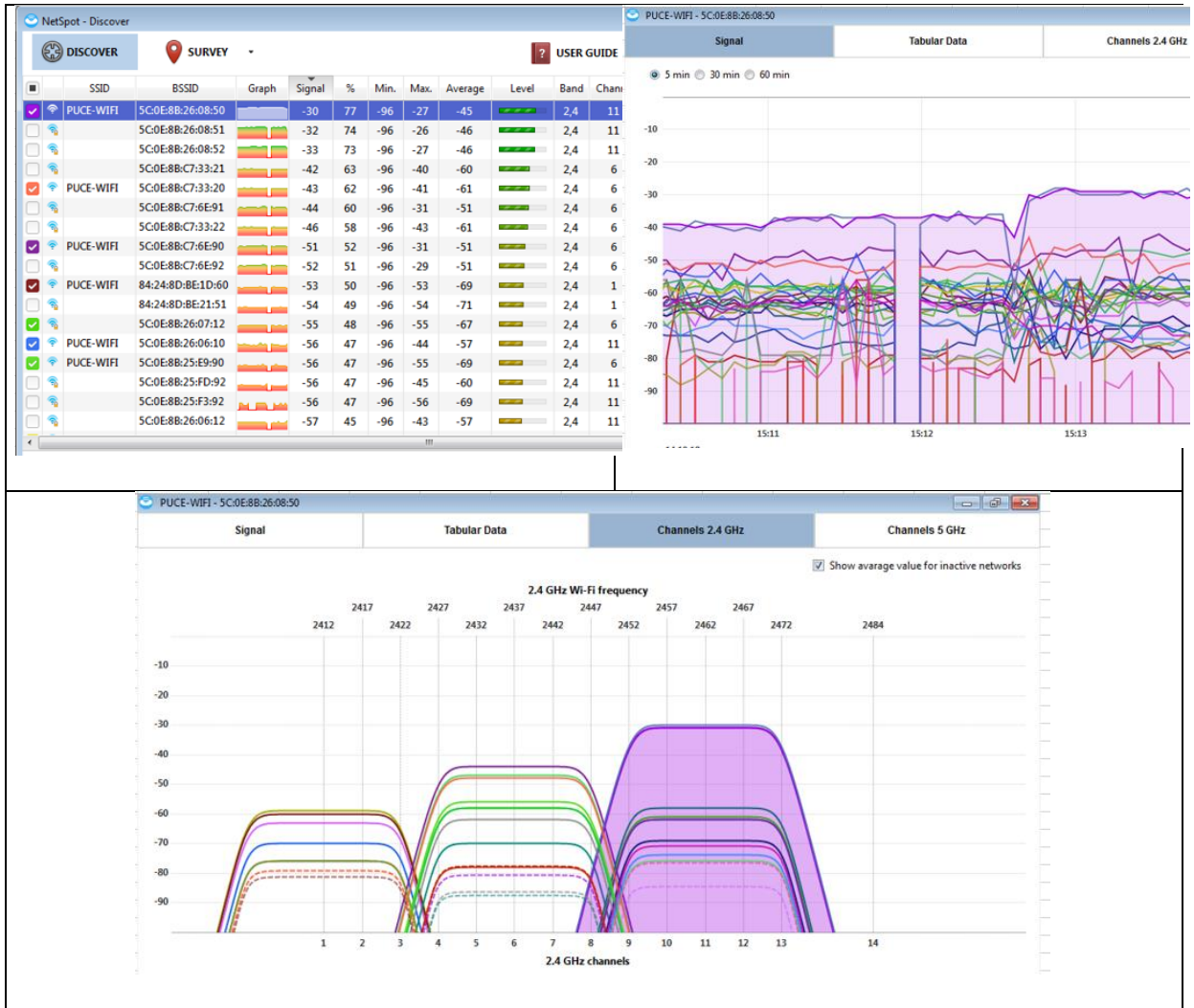


Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:26:03:40

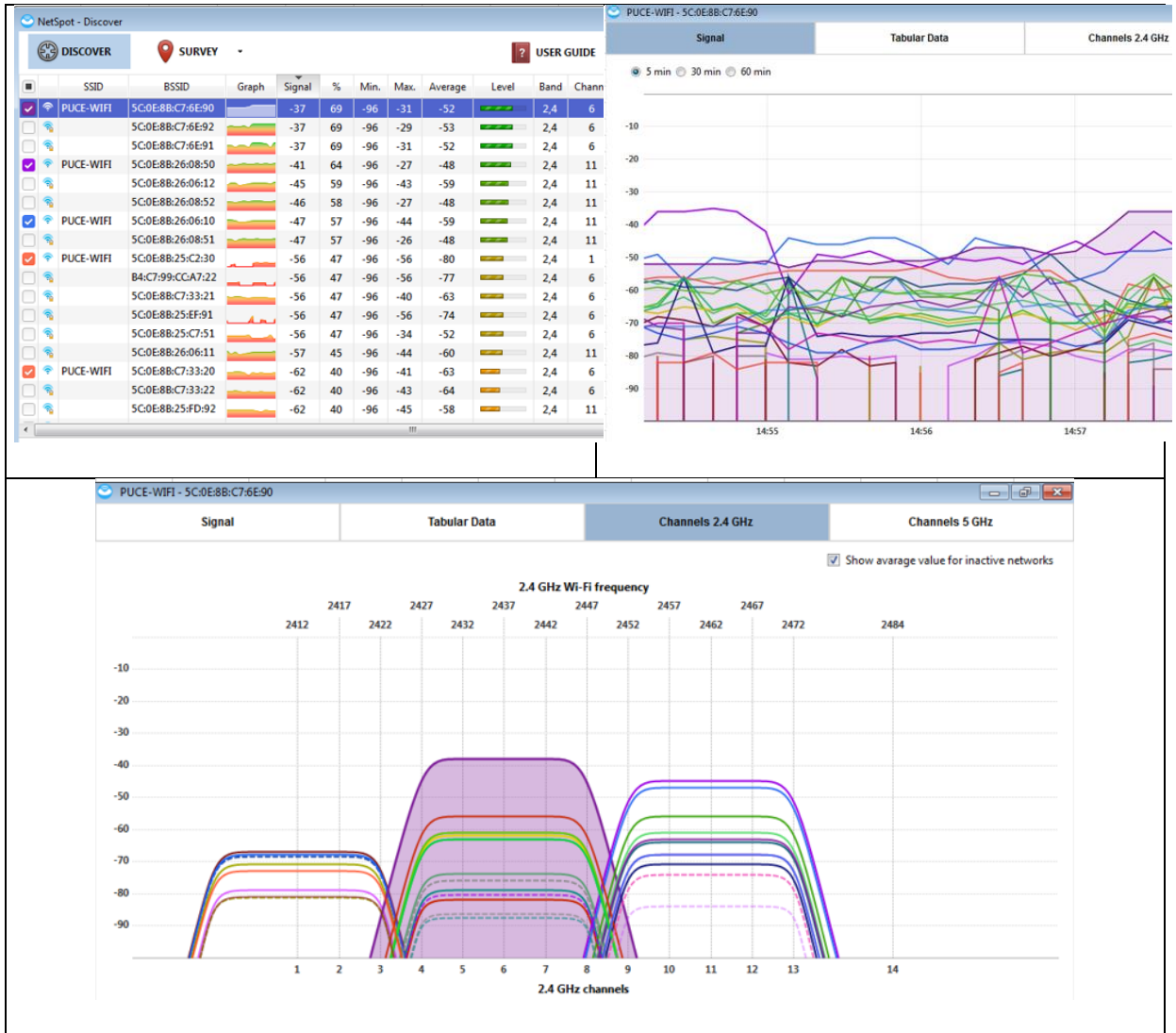
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:25:C7:50



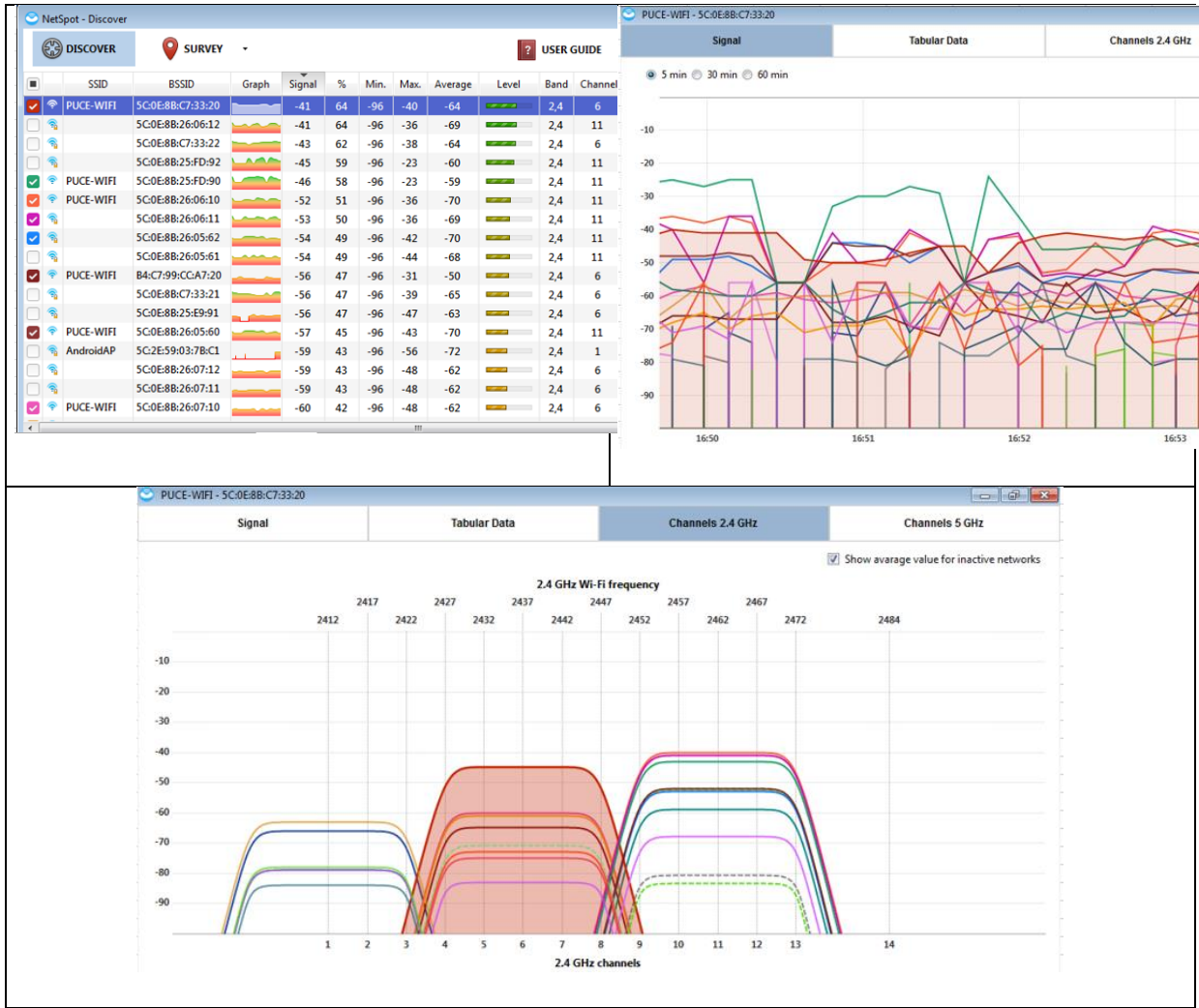
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:26:08:50



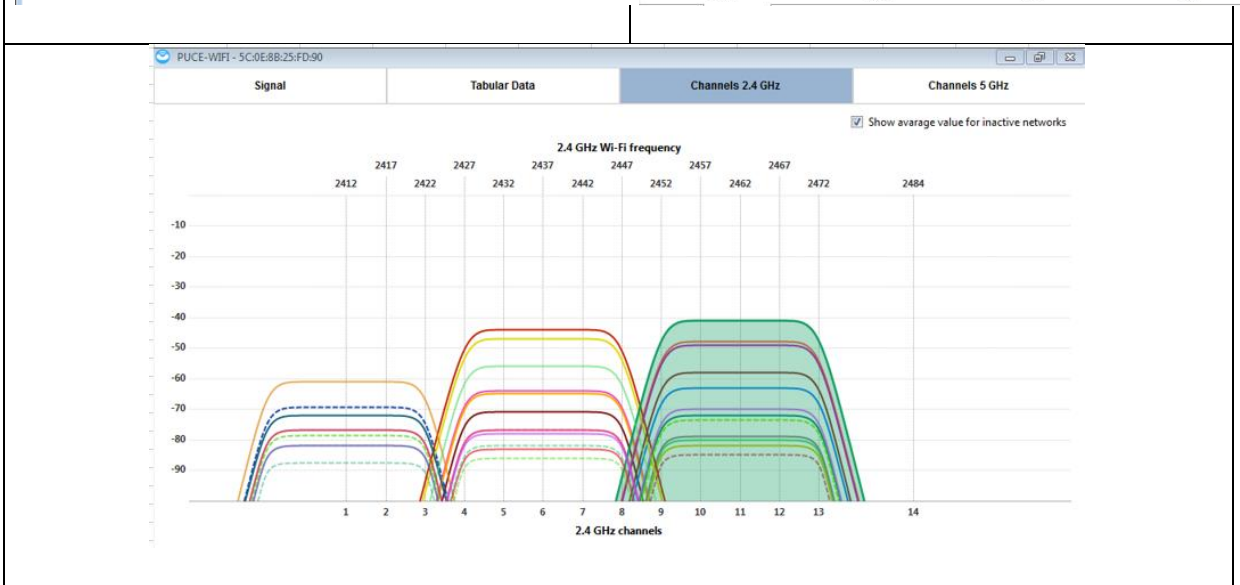
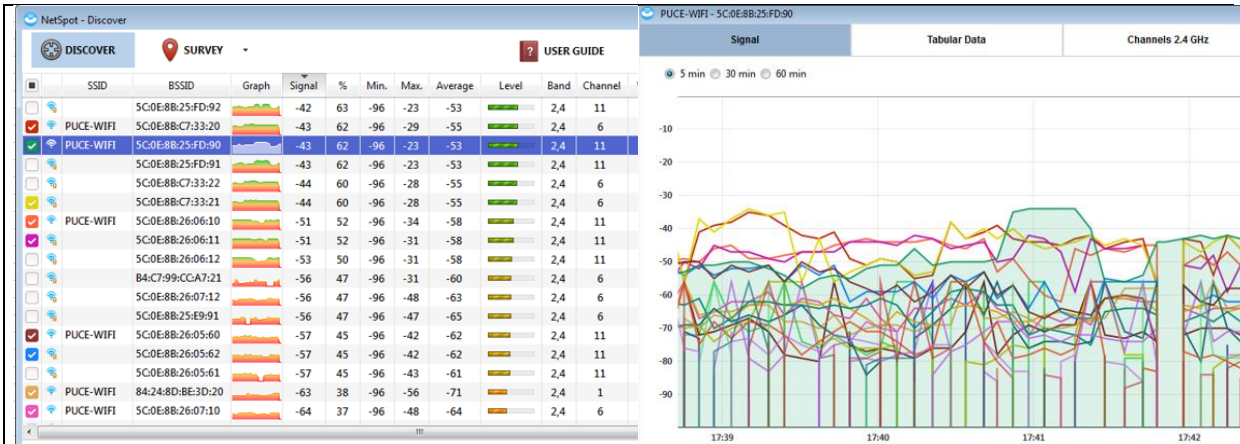
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:C7:6E:90



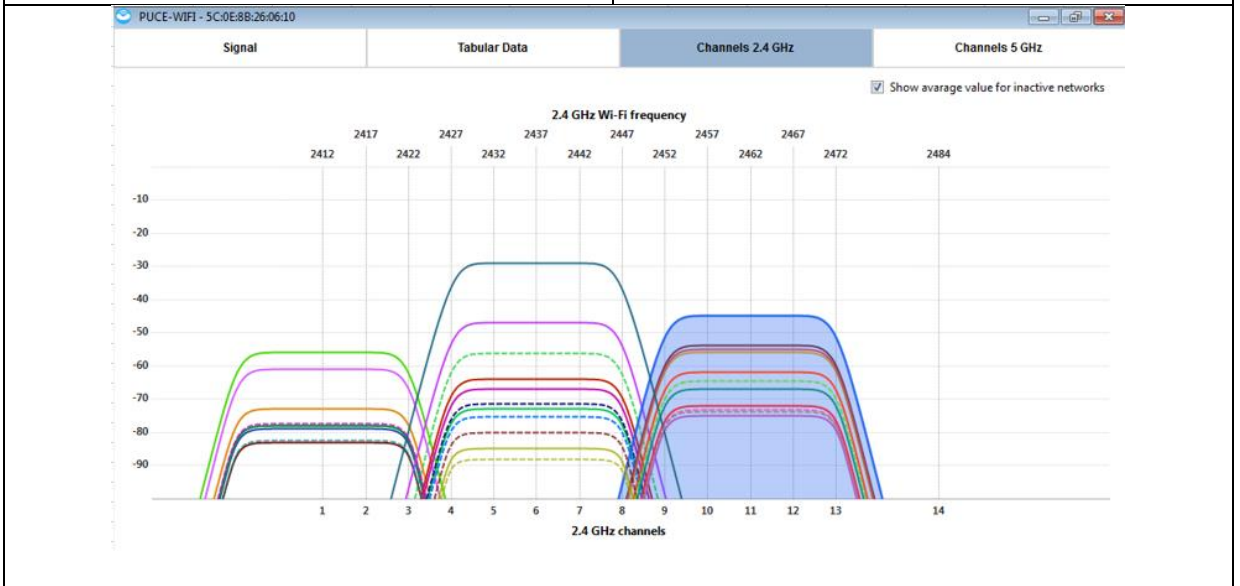
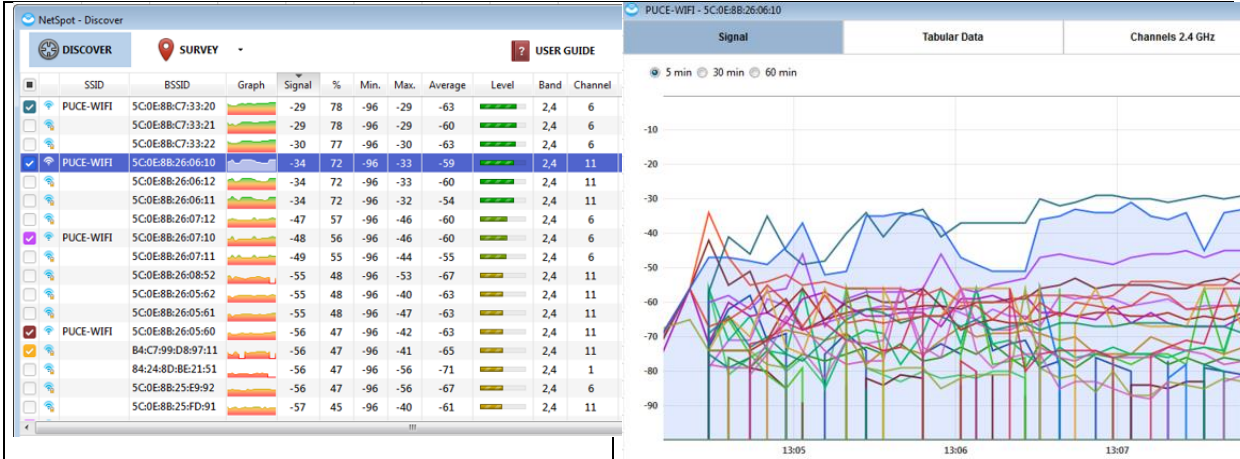
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:C7:33:20



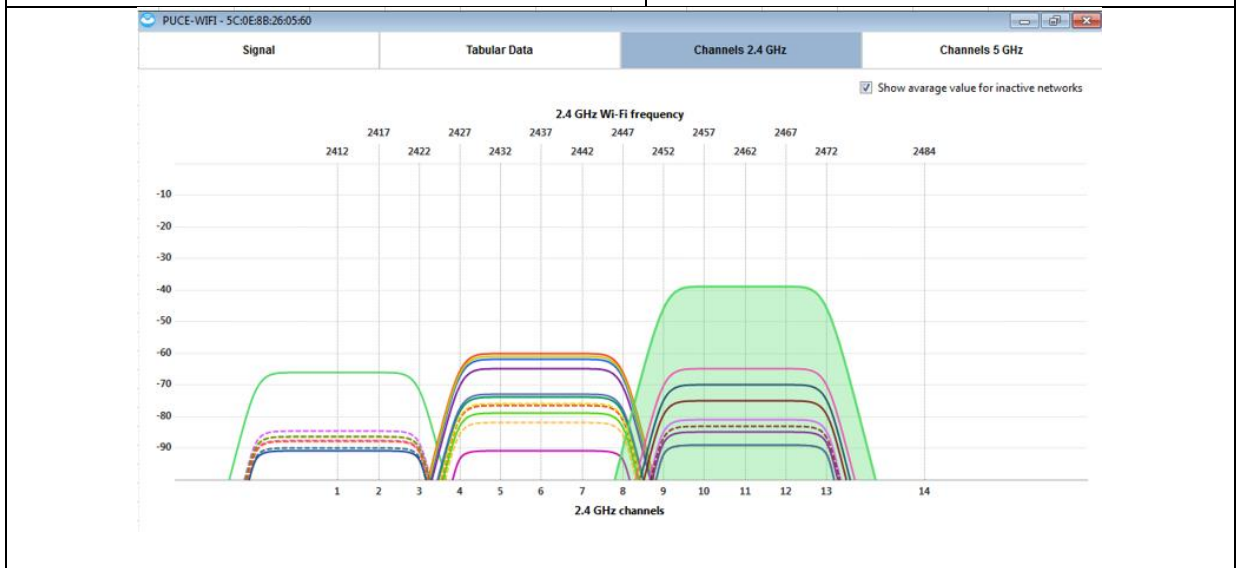
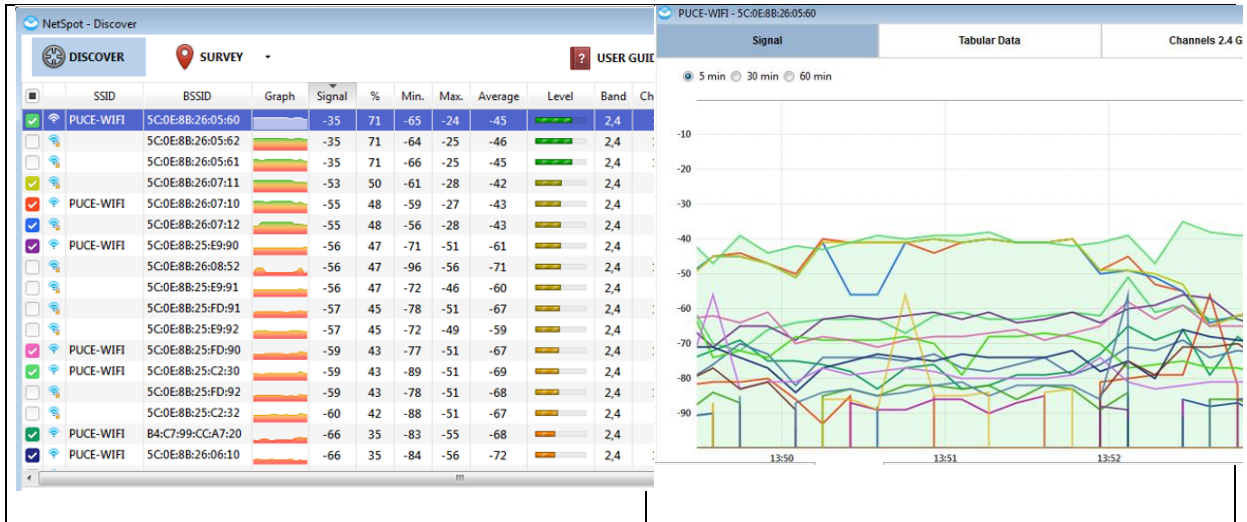
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:0E:8B:25:FD:90



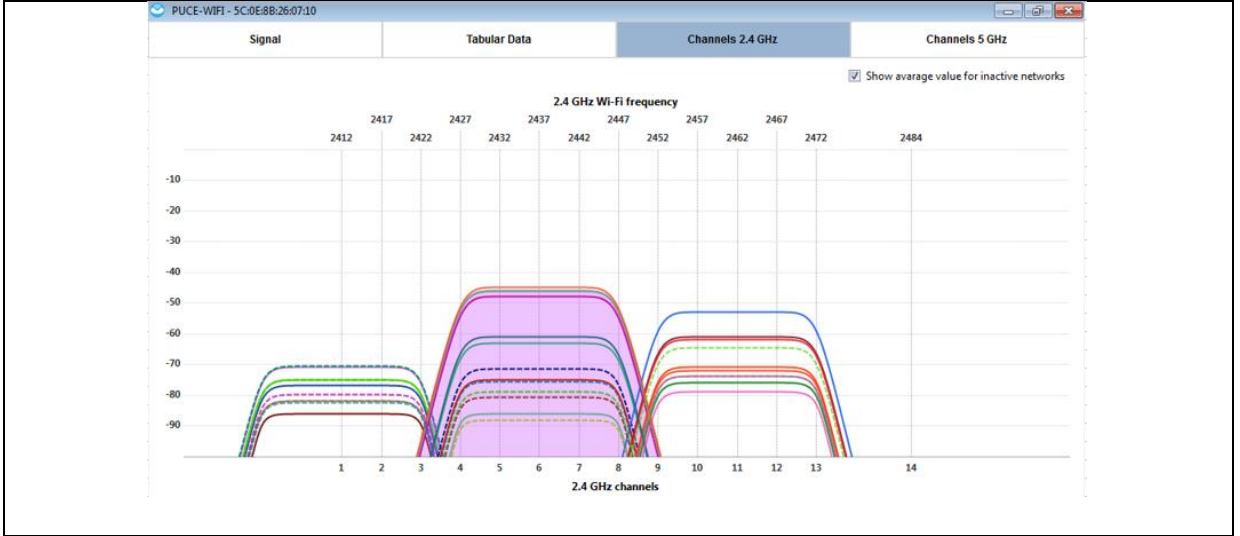
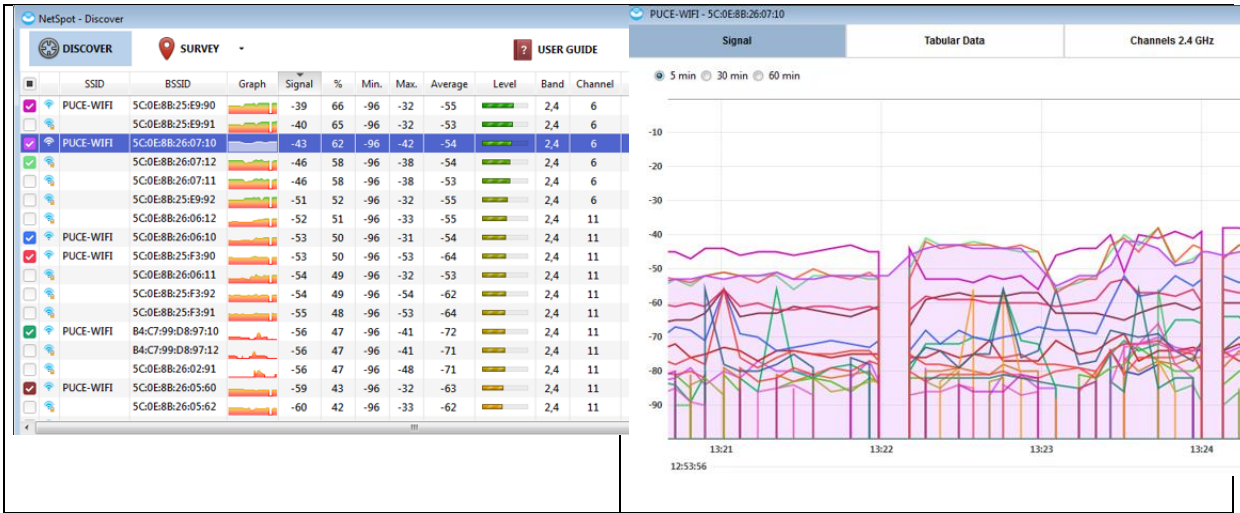
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:26:06:10



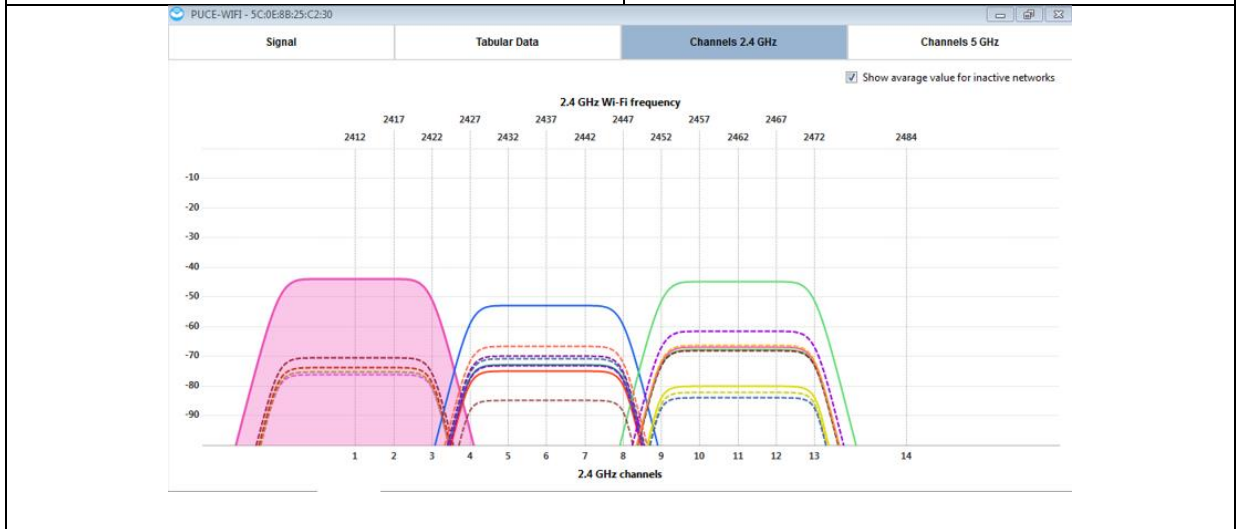
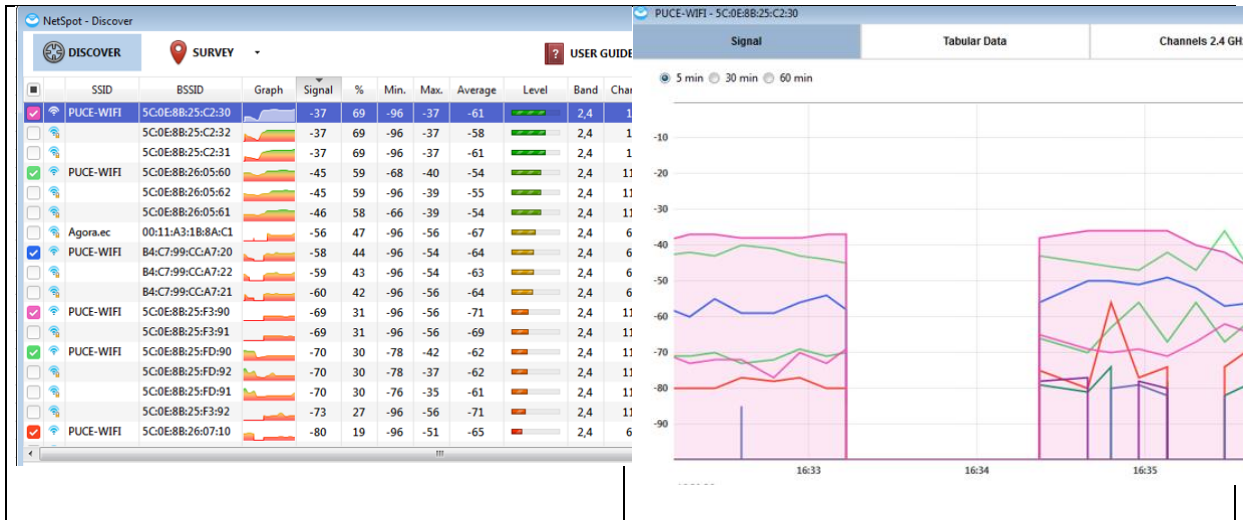
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:0E:8B:26:05:60



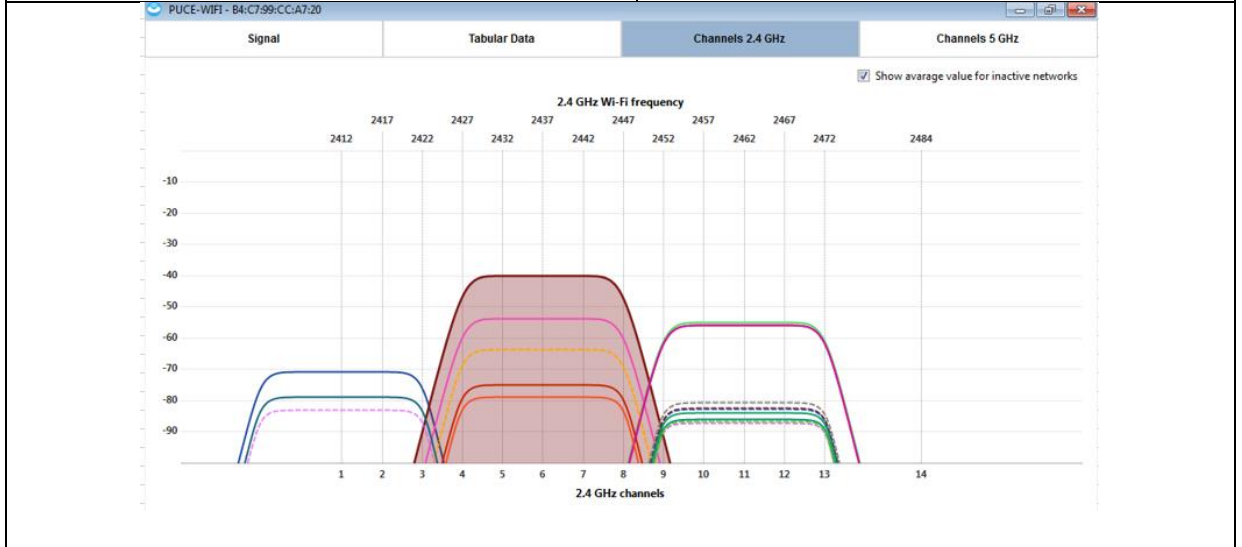
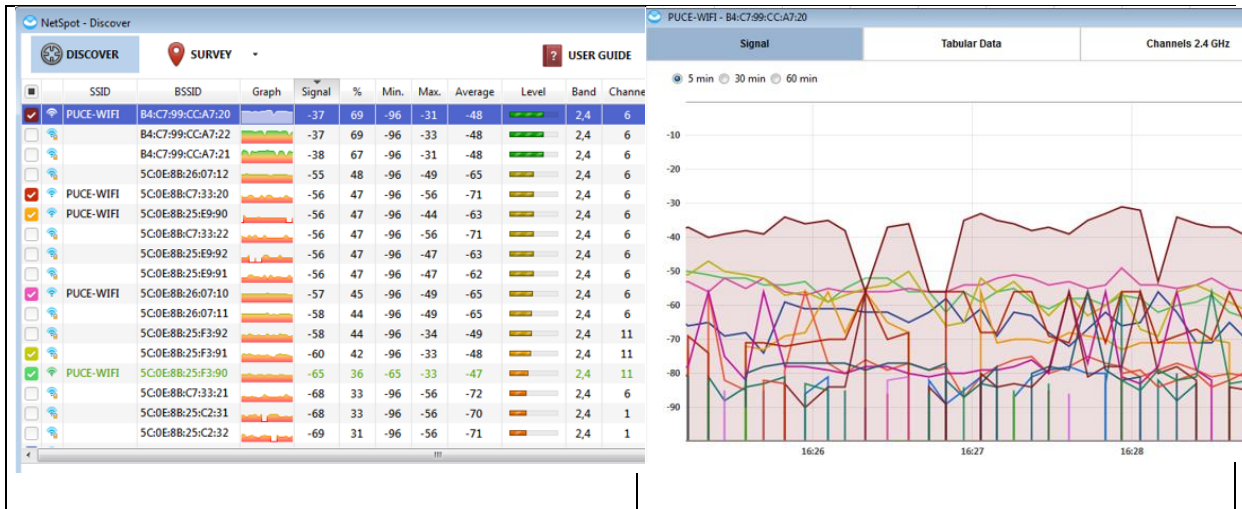
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:26:07:10



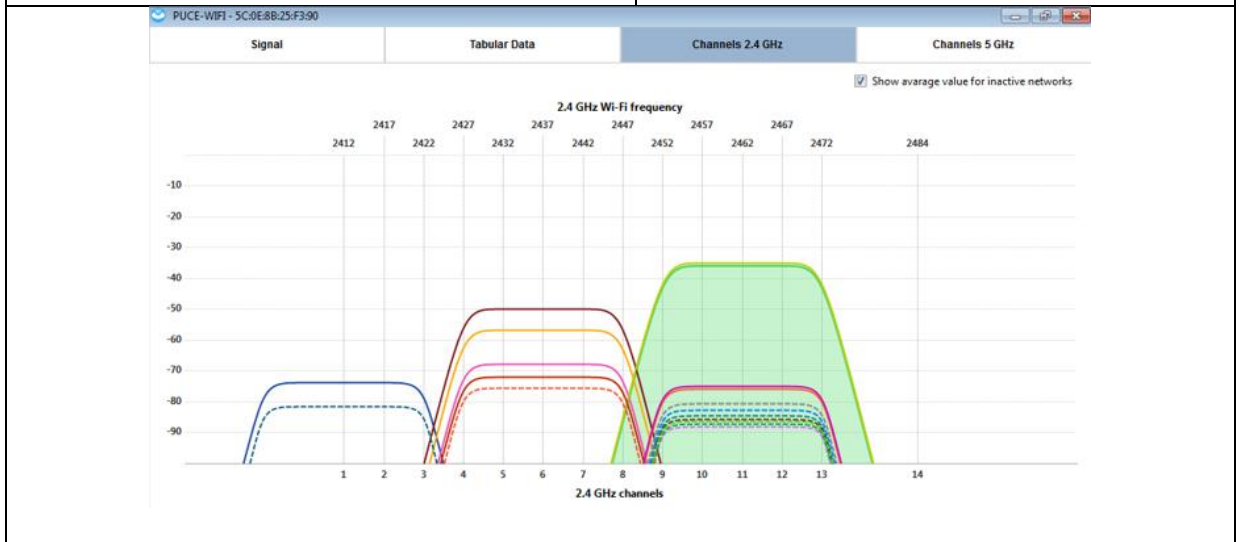
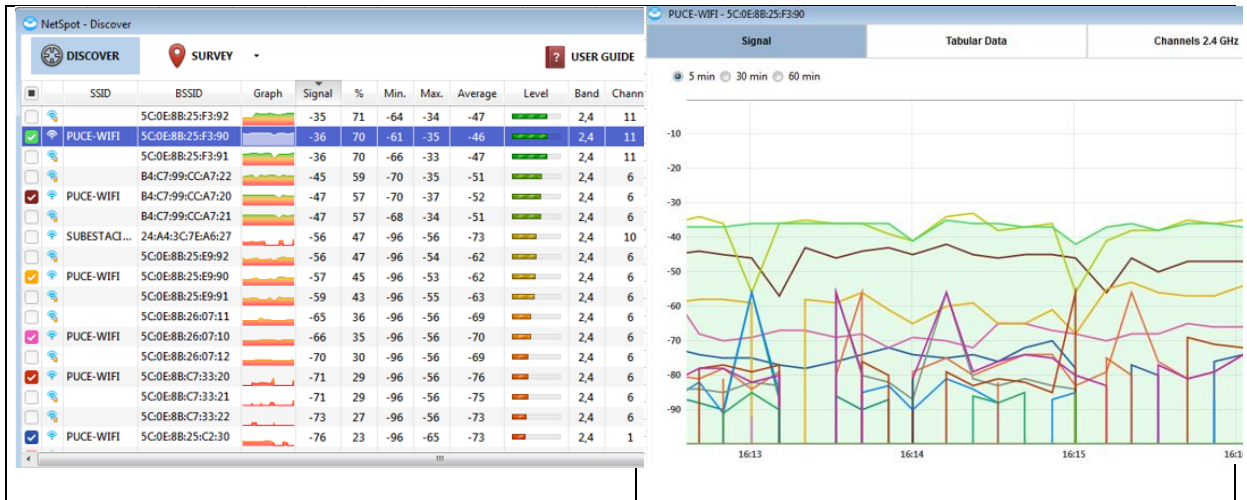
Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:25:C2:30



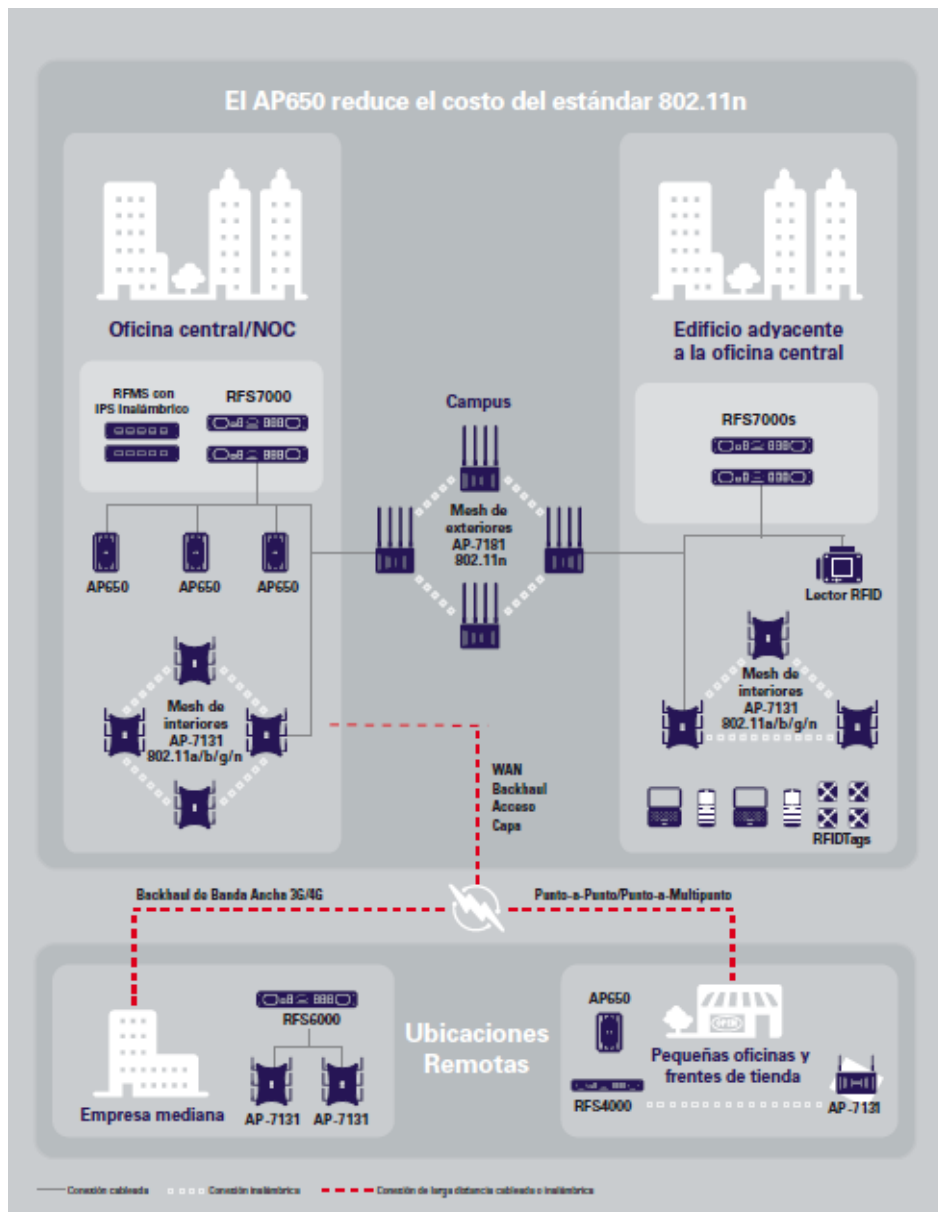
Muestra Mejor Señal Actual AP B4:C7:99:CC:A7:20



Muestra Mejor Señal Actual AP 5C:OE:8B:25:F3:90



Arquitectura de red AP 650



Fuente: <http://www.sistelec.es/es/Productos/documents/AP650ESP.PDF> (11/04/2016)

Especificaciones AP 650

Características Físicas		AP650 (antena interna)	AP650 (antena externa)
Dimensiones:		9.5 in. L x 7.5 in. An x 1.7 in. Al 241.3 cm L x 189.61 cm x 43.6 cm	8.5 in. L x 5.6 in. An x 1.5 in. Al 216.4 cm L x 141.0 cm x 37.71 cm
Peso:		2.0 lbs./,91 kg	2.5 lbs./1.14 kg
Número de pieza:*		AP-0650-60010-WW; AP-0650-60010-US; AP-0650-66030-WW ; AP-0650-66030-US	AP-0650-60020-WW; AP-0650-60020-US AP-0650-66040-WW; AP-0650-66040-US
Configuraciones de montaje disponibles:		Montaje de cielo raso (a barras en T aseguradas al cielo raso, debajo de la teja);	Montaje de techo (encima de la teja); montaje de pared
Clasificación Plenum:		No	Yes, certified to UL 2043
Indicadores LED:		2 indicadores LED con modos múltiples indicando Actividad de 2.4GHz/5 GHz, Potencia, Adopción y Errores	
Comunicaciones de Datos y Redes Inalámbricas			
Tasas de datos soportadas:		802.11b/g: 1,2,5.5,11,6,9,12,18,24,36,48, and 54Mbps 802.11a: 6,9,12,18,24,36,48, y 54Mbps 802.11n: MCS 0-15 hasta 300Mbps	
Estándar de red:		802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n	
Medio inalámbrico:		Espectro Esparcido de Secuencia Directa (DSSS) y Multiplexado de División de Frecuencia Ortogonal (OFDM), y Multiplexado Espacial (MIMO)	
VLANs/WLANs soportadas:		RFS6000 — 32 VLANs/32 WLANs; RFS7000 — 256 VLANs/256 WLANs	
Uplink:		Auto-percepción (Auto-sensing) 10/100/1000Base-T Ethernet	
Características de Radio			
Canales de operación:		5GHz: Todos los canales desde 4920 MHz hasta 5825 MHz 2.4GHz: Canales 1-13 (2412-2472 MHz), Canal 14 (2484 MHz) Japón solamente Las frecuencias de operación reales dependen de los límites normativos nacionales	
Potencia máxima de transmisión disponible:		24dBm	
Ajuste de potencia de transmisión:		Incrementos de 1dB	
Configuración de antena:		MIMO 2x3 (transmite sobre dos y recibe en todas las antenas)	
Bandas de operación:		FCC EU 2.412 hasta 2.462 GHz 2.412 hasta 2.472 GHz 5.150 hasta 5.250 (UNII -1) 5.150 hasta 5.250 GHz 5.725 hasta 5.825 (UNII -3) 5.150 hasta 5.350 GHz 5.725 hasta 5.850 (ISM) 5.470 hasta 5.725 GHz (Específico para cada País) Japón 2.412 hasta 2.484GHz 4.900 hasta 5.000 GHz 5.150 hasta 5.250 GHz	

Fuente: <http://www.sistelec.es/es/Productos/documents/AP650ESP.PDF> (11/04/2016)

Especificaciones AP 650

Entorno de Usuario	AP650 (antena interna)	AP650 (antena externa)
Temperatura de operación:	-4°F hasta 122° F/0°C hasta 50° C	
Temperatura de almacenamiento:	-40°F hasta 158° F/-40°C hasta 70° C	
Humedad de Operación:	5%-95% (sn condensación)	
Altitud de operación:	8,000 ft./2438 m	
Altitud de almacenamiento:	15,000 ft./4572 m	
Descarga electrostática:	+/- 15 kV (Air), +/- 8 kV (contacto)	

Especificaciones de Corriente

Voltaje de operación:	Alimentación 802.3af: 48 VDC @ 12.95W (típica), 36 VDC hasta 57 VDC (rango)
Corriente de operación:	270mA (típica)
Soporte de Corriente-sobre-Ethernet Integrada:	Según la norma IEEE 802.3af

Potencia máxima de transmisión de radio:

BANDA	POTENCIA DE TRANSMISIÓN COMPUESTA PARA ANTENA SENCILLA	POTENCIA DE TRANSMISIÓN COMPUESTA PARA ANTENA DOBLE
2400MHZ	+21 dBm	+24 dBm
5200MHZ	+19dBm	+22 dBm

Consumo típico de corriente rms

Opción	VOLTAJE DC	AMPERIOS DC	CONSUMO DE CORRIENTE DC
1	48V	270mA	12.95W
2	48V	209mA	10.00W

Especificaciones de la antena

Tipo:	Elementos de antena dual integrados de 2.4 GHz y 5.2 GHz	Seis conectores RSMA para antenas externas (no incluidos)
Banda:	2.4 GHz a 2.5 GHz; 4.9 GHz a 5.850 GHz (las frecuencias operativas reales dependen de los reglamentos y de la agencia de certificaciones)	
VSWR:	< 2:1	Específico para la antena
Ganancia:	2.0 dBi (2.4 GHz), 4.8 dBi (5 GHz)	Específica para la antena

Información de la antena interna

DESCRIPCIÓN DE LA ANTENA INTERNA	VALORES
VSWR	< 2:1
Ganancia pico, banda de 2.4GHz	2.0dBi
Ganancia pico, banda de 5.2GHz	4.8dBi

Normatividad

Certificaciones de seguridad del producto:	UL 60950, cUL, EU EN 60950, TUV y UL 2043 (antena externa)
Aprobaciones de radio:	FCC (EE.UU.), Industria Canadá, CE (Europa) y TELEC (Japón)

Fuente: <http://www.sistelec.es/es/Productos/documents/AP650ESP.PDF> (11/04/2016)

Especificaciones AP 650

Sensibilidad de Recepción

(Típica) en el conector de la cubierta de la antena (cubierta de metal), banda de 2400MHz

Tasa/MCS	Modo	Sens Promedio (dBm)
1	Legacy	-95
2	Legacy	-94
5.5	Legacy	-93
11	Legacy	-90
6	Legacy	-94
9	Legacy	-94
12	Legacy	-94
18	Legacy	-94
24	Legacy	-90
36	Legacy	-87
48	Legacy	-83
54	Legacy	-82
MCS0	HT20	-94
MCS1	HT20	-93
MCS2	HT20	-91
MCS3	HT20	-87
MCS4	HT20	-84
MCS5	HT20	-80
MCS6	HT20	-79
MCS7	HT20	-77
MCS8	HT20	-94
MCS9	HT20	-91
MCS10	HT20	-88
MCS11	HT20	-85
MCS12	HT20	-82
MCS13	HT20	-78
MCS14	HT20	-77
MCS15	HT20	-75
MCS0	HT40	-88
MCS1	HT40	-88
MCS2	HT40	-87
MCS3	HT40	-84
MCS4	HT40	-82
MCS5	HT40	-77
MCS6	HT40	-76
MCS7	HT40	-74
MCS8	HT40	-88
MCS9	HT40	-87
MCS10	HT40	-85
MCS11	HT40	-82
MCS12	HT40	-79
MCS13	HT40	-75
MCS14	HT40	-73
MCS15	HT40	-71

Sensibilidad de Recepción

(Típica) en el conector de la cubierta de la antena (cubierta de metal), banda de 5200MHz

Tasa/MCS	Modo	Sens Promedio (dBm)
6	Legacy	-93
9	Legacy	-93
12	Legacy	-93
18	Legacy	-92
24	Legacy	-89
36	Legacy	-86
48	Legacy	-82
54	Legacy	-81
MCS0	HT20	-93
MCS1	HT20	-92
MCS2	HT20	-90
MCS3	HT20	-86
MCS4	HT20	-83
MCS5	HT20	-79
MCS6	HT20	-78
MCS7	HT20	-76
MCS8	HT20	-93
MCS9	HT20	-90
MCS10	HT20	-87
MCS11	HT20	-84
MCS12	HT20	-81
MCS13	HT20	-77
MCS14	HT20	-75
MCS15	HT20	-74
MCS0	HT40	-90
MCS1	HT40	-88
MCS2	HT40	-86
MCS3	HT40	-83
MCS4	HT40	-80
MCS5	HT40	-76
MCS6	HT40	-74
MCS7	HT40	-73
MCS8	HT40	-89
MCS9	HT40	-86
MCS10	HT40	-84
MCS11	HT40	-81

Fuente: <http://www.sistelec.es/es/Productos/documents/AP650ESP.PDF> (11/04/2016)

AP TECHNICAL SPECIFICATION

802.11ac CAPABILITIES	
<ul style="list-style-type: none"> • Dual band radios; supports 256-QAM • 3X3 MIMO with 3 Spatial Streams • 20, 40 and 80 MHz Channels • 1.9 Gbps data rates on dual concurrent radio operations • Packet Aggregation (AMSDU, AMPDU) • Reduced Interface Spacing • 802.11 DFS • MIMO Power Save (Static and Dynamic) • Advanced forward error correction coding: STBC, LDPC • 802.11ac transmit beamforming 	
PHYSICAL CHARACTERISTICS	
Dimensions	7.1 in. L x 6.5 in. W x 1.6 in. H 18.0 mm L x 165 mm W x 41 mm H
Weight	1.8 lbs/0.82 kg
Housing	Plenum-rated housing (UL2043)
Available mounting	No additional hardware required to mount
Configurations	Above drop ceiling, under ceiling or on wall
LEDs activity indication	2 top mounted LEDs; activity indication
LAN Ethernet	1x IEEE 802.3 Gigabit Ethernet auto-sensing
Antenna	4dBi - 2.4 GHz band, 5 dBi - 5GHz band (Internal only — AP-7532-67030-xx)
Antenna connectors	Three RP SMA's (External only — AP-7532-67040-xx)
Console port	RJ45
USER ENVIRONMENT	
Operating temp.	Internal antennas: 32° F to 104° F/0° C to 40° C External antennas: -4° F to 104° F/-20° C to 40° C
Storage temp.	-40° F to 158° F/-40° C to 70° C
Operating humidity	85% RH non-condensing
Electrostatic discharge	15kV air, 8kV contact
POWER SPECIFICATIONS	
Operating voltage	48V
Operating current	312 mA at 48 V
Integrated PoE support	802.3af
CERTIFICATIONS	
Wi-Fi Alliance (WFA) certified 802.11 a/b/g/n/ac	
NETWORKING SPECIFICATIONS	
Layer 2 and Layer 3	Layer 3 routing, 802.1q, DynDNS, DHCP server/client, BOOTP client, PPPoE and LLDP

NETWORKING SPECIFICATIONS (CONTINUED)			
Security	Stateful Firewall, IP filtering, NAT, 802.1x, 802.11i, WPA2, WPA Triple-Methodology Rogue Detection: 24x7 dual-band WIPS sensing, on-board IDS and secure guest access (hotspot) with captive portal, IPSec and RADIUS Server		
Quality of Service (QoS)	WMM, WMM-UAPSD, 802.1p, DiffServ and TOS		
RADIO SPECIFICATIONS			
Wireless medium	Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) and Spatial Multiplexing (MIMO)		
Network standards	IEEE 802.11a/b/g/n/ac, 802.11d and 802.11i WPA2, WMM, WMM-UAPSD, L2TPv3, Client VPN, MESH (released in a future version of WiNG), Captive Portal server		
Data rates supported	802.11b/g: 1,2,5.5,11,6,9,12,18,24,36,48 and 54 Mbps 802.11a: 6,9,12,18,24,36,48, and 54 Mbps 802.11n: MCS 0-23 up to 450 Mbps; Turbo mode (256 QAM) on 2.4 GHz band up to 600 Mbps 802.11ac: MCS 0-9 up to 1.3 Gbps		
Operating channels	2.4 GHz band: channel 1 through channel 13 5.2 GHz band: channel 36 through channel 165 * Channel availability depends on local regulatory restriction		
Antenna configuration	3x3 MIMO (transmit/receive on all three antennas)		
Transmit power adjustment	1 dB increment		
Operating frequencies	2412 to 2472 MHz, 5180 to 5850 MHz		
REGULATORY			
Product safety certifications	UL / cUL 60950-1, IEC / EN60950-1, UL2043, RoHS		
Radio approvals	FCC (USA), EU, TELEC		
MAXIMUM CONDUCTED TRANSMIT POWER			
	1 Antenna Tx Power	2 Antennas Tx Power	3 Antennas Tx Power
Internal Antennas (AP-7532-67030-xx)			
2.4 GHz Band	20 dBm	23 dBm	24.7 dBm
5 GHz Band	20 dBm	23 dBm	24.7 dBm
External Antennas (AP-7532-67040-xx)			
2.4 GHz Band	19 dBm	22 dBm	23.7 dBm
5 GHz Band	18 dBm	21 dBm	22.7 dBm

NOTE: Technical specifications are preliminary and subject to change.

Fuente: <https://www.zebra.com/us/en/products/networks/wireless-lan/wlan-products/access-points/ap-7532/ap-7532-spec-sheet.html> (11/04/2016)

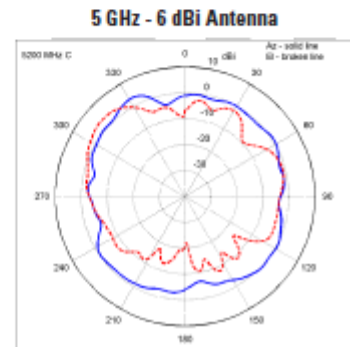
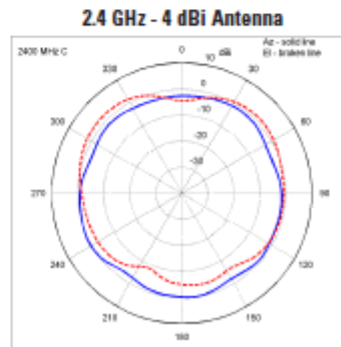
AP 7532 RECIVER SEBNSITIVITY

802.11b (CCK)			
-96	⊙	1	Mbps
-94	⊙	2	Mbps
-93	⊙	5.5	Mbps
-90	⊙	11.0	Mbps
802.11g (non HT20)			
-96	⊙	6	Mbps
-95	⊙	9	Mbps
-95	⊙	12	Mbps
-93	⊙	18	Mbps
-90	⊙	24	Mbps
-86	⊙	36	Mbps
-82	⊙	48	Mbps
-81	⊙	54	Mbps
802.11a (non HT20)			
-96	⊙	6	Mbps
-95	⊙	9	Mbps
-95	⊙	12	Mbps
-93	⊙	18	Mbps
-90	⊙	24	Mbps
-86	⊙	36	Mbps
-82	⊙	48	Mbps
-81	⊙	54	Mbps
2.4 GHz: 802.11n (HT20)			
-96	⊙	MCS	0
-93	⊙	MCS	1
-91	⊙	MCS	2
-88	⊙	MCS	3
-86	⊙	MCS	4
-81	⊙	MCS	5
-79	⊙	MCS	6
-78	⊙	MCS	7
-94	⊙	MCS	8
-91	⊙	MCS	9
-89	⊙	MCS	10
-85	⊙	MCS	11
-82	⊙	MCS	12
-78	⊙	MCS	13
-76	⊙	MCS	14
-75	⊙	MCS	15
-93	⊙	MCS	16
-90	⊙	MCS	17
-88	⊙	MCS	18
-84	⊙	MCS	19
-81	⊙	MCS	20
-76	⊙	MCS	21
-75	⊙	MCS	22
-73	⊙	MCS	23
5 GHz: 802.11n (HT20)			
-96	⊙	MCS	0
-94	⊙	MCS	1
-92	⊙	MCS	2
-90	⊙	MCS	3
-89	⊙	MCS	4

5 GHz: 802.11n (HT20) (Cont.)			
-81	⊙	MCS	5
-80	⊙	MCS	6
-78	⊙	MCS	7
-95	⊙	MCS	8
-92	⊙	MCS	9
-90	⊙	MCS	10
-86	⊙	MCS	11
-83	⊙	MCS	12
-78	⊙	MCS	13
-77	⊙	MCS	14
-75	⊙	MCS	15
-94	⊙	MCS	16
-91	⊙	MCS	17
-88	⊙	MCS	18
-85	⊙	MCS	19
-82	⊙	MCS	20
-77	⊙	MCS	21
-76	⊙	MCS	22
-74	⊙	MCS	23
5 GHz: 802.11n (HT40)			
-94	⊙	MCS	0
-92	⊙	MCS	1
-89	⊙	MCS	2
-85	⊙	MCS	3
-86	⊙	MCS	4
-79	⊙	MCS	5
-77	⊙	MCS	6
-75	⊙	MCS	7
-92	⊙	MCS	8
-89	⊙	MCS	9
-86	⊙	MCS	10
-83	⊙	MCS	11

5 GHz: 802.11n (HT40) (Cont.)				
-80	⊙	MCS	12	
-76	⊙	MCS	13	
-74	⊙	MCS	14	
-72	⊙	MCS	15	
-91	⊙	MCS	16	
-88	⊙	MCS	17	
-85	⊙	MCS	18	
-82	⊙	MCS	19	
-79	⊙	MCS	20	
-75	⊙	MCS	21	
-73	⊙	MCS	22	
-71	⊙	MCS	23	
2.4 GHz: 802.11ac				
MCS Index	Spatial Streams	VHT20	VHT40	
0	1	-95	-94	
8	1	-72	-72	
0	2	-93	-90	
8	2	-68	-67	
0	3	-93	-91	
8	3	-69	-67	
5 GHz: 802.11ac (VHT80)				
MCS Index	Spatial Streams	VHT20	VHT40	VHT80
0	1	-97	-94	-90
8	1	-70	-71	-68
0	2	-93	-90	-86
8	2	-68	-66	-63
0	3	-94	-90	-87
8	3	-68	-67	-63
9	3	-65	-65	-61

AP 7532 TYPICAL ANTENNA PATTERNS (INTERNAL MODEL)



Fuente: <https://www.zebra.com/us/en/products/networks/wireless-lan/wlan-products/access-points/ap-7532/ap-7532-spec-sheet.html> (11/04/2016)