

**RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA COBERTURA DE LA RED WI-FI
EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA AGENCIA NACIONAL DE
INFRAESTRUCTURA-ANI EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

LUIS LEANDRO PRIETO GÓMEZ

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2021**

**RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA COBERTURA DE LA RED WI-FI
EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA AGENCIA NACIONAL DE
INFRAESTRUCTURA-ANI EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

LUIS LEANDRO PRIETO GÓMEZ

**PROYECTO DE GRADO PRESENTADO PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES**

Director

INGENIERO FELIX ROBERTO GÓMEZ DEVIA

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ
2021**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 13 de agosto de 2021

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado va dedicado en primer lugar a Dios, por darme la oportunidad de estudiar, por guiarme en la vida, llenarme de bendiciones, también lo dedico a mi esposa, a mis hijos y mis padres, por ser el motor de mi vida y apoyarme en todo momento, brindándome la fuerza necesaria para sobreponerme a cualquier situación y vencer cualquier obstáculo que se me presente, igualmente va dedicado a mis hermanos, cuñados , suegros y sobrinos, debido a que son un apoyo constante para hacer de mí una mejor persona .

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todos mis profesores y miembros de la facultad de ingeniería, por haber accedido a ayudarme a culminar con mi proyecto de la mejor manera y por todas las enseñanzas dadas a lo largo de mi carrera.

En segundo lugar, quiero agradecer a todos mis amigos y compañeros por formar parte de mi vida en este proceso, ayudarme a mejorar y ser el soporte en las situaciones más difíciles que he enfrentado a lo largo de esta etapa.

Finalmente agradezco a la Universidad Piloto de Colombia, por brindarme una buena educación y todo el aprendizaje durante estos años de estudiante.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO.....	10
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
JUSTIFICACIÓN.....	18
OBJETIVOS	19
OBJETIVO GENERAL	19
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
MARCO DE REFERENCIA	20
MARCO CONCEPTUAL	20
MARCO TEÓRICO	29
1 ESTADO ACTUAL DE LA RED WLAN EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA -ANI EN BOGOTÁ.....	35
1.1 ARQUITECTURA CONCEPTUAL DE LA RED WLAN ANI.....	36
1.2 ELEMENTOS DE RED QUE PUEDEN AFECTAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED WIFI.....	37
1.3 CARACTERIZACION DE LOS AP ACTUALES	37
1.4 REALIZACIÓN DE SITE SURVEY	38
1.4.1 Criterios de elección de herramienta VisiWave	38
1.4.2 Pasos para realizar un Site Survey	40
1.5 ESTADO ACTUAL DE LA COBERTURA WI-FI.....	42
2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL SITE SURVEY	43
2.1 NECESIDADES DE LOS USUARIOS.....	43

2.1.1	Descripción cualitativa de las necesidades de los usuarios.....	43
2.1.2	Descripción cuantitativa de las necesidades de los usuarios.....	44
2.2	RESULTADO DEL SITE SURVEY	44
2.2.1	Análisis de la cobertura actual en la red WLAN ANI	44
2.2.2	Fuentes de interferencia.....	46
2.2.3	Obsolescencia tecnológica.....	46
2.3	RECOMENDACIONES DE INGENIERÍA PARA MEJORAR LA RED ACTUAL.....	47
3	PLANNING SURVEY PARA OPTIMIZAR LA POSICIÓN DE LOS ACCESS POINT Y MEJORAR LA COBERTURA DE LA WLAN EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA -ANI	49
3.1	INTENSIDAD DE SEÑAL SELECCIONADA PARA LA SIMULACIÓN	49
3.2	SIMULACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA	50
3.3	SIMULACIÓN DE LOS AP.....	51
3.4	PLANNING SURVEY.....	53
4	DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DE LA RED WLAN DE LA ANI.....	54
5	RECOMENDACIONES.....	56
6	CONCLUSIONES.....	57
	BIBLIOGRAFÍA.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sello de certificación Wi-Fi Alliance	23
Figura 2. Evolución de los estándares IEEE 802.11.	24
Figura 3. El receptor escucha múltiples señales de trayectos múltiples de las superficies reflejadas	31
Figura 4. Posición del punto nulo de trayectos múltiples según la frecuencia	31
Figura 5. canales en la banda de 2.4 GHz (802.11b/g)	32
Figura 6. Arquitectura conceptual de la red WLAN de la ANI	36
Figura 7. Potencia máxima de transmisión de los AP 1600	37
Figura 8. Plano oficina principal de la ANI	41
Figura 9. Recorrido Site Survey	41
Figura 10 Mapa de calor Oficina ANI	42
Figura 11. Referencia de intensidad de señal Visiwave	45
Figura 12 Falencias de cobertura	45
Figura 13. Cobertura simulada.....	50
Figura 14. Materiales disponibles para la simulación	50
Figura 15. Materiales Simulados.....	51
Figura 16. Configuración AP Simulado	52
Figura 17. Ubicación de los AP en el plano	52
Figura 18. Simulación Planning Survey	53
Figura 19 Proceso de optimización y mejora de la red WLAN ANI.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Metodología aplicada	33
Tabla 2 Comparación costo veneficio herramientas Site survey	38

GLOSARIO

- **ANI:** La Agencia Nacional de Infraestructura - ANI, es una Agencia Nacional Estatal de Naturaleza Especial, del sector descentralizado de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, financiera y técnica, adscrita al Ministerio de Transporte, según decreto 4165
- **IEEE:** El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica—abreviado como IEEE en inglés Institute of Electrical and Electronics Engineers es una asociación mundial de técnicos e ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas. Con cerca de 425 000 miembros y voluntarios en 160 países, es la mayor asociación internacional sin ánimo de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, ingenieros en electrónica, científicos de la computación, ingenieros en informática, matemáticos aplicados, ingenieros en biomedicina, ingenieros en telecomunicación, ingenieros en mecatrónica, etc.
- **Punto de acceso o Access Point -AP:** Los AP o WAP (Access point o Wireless Access point) También conocidos como puntos de acceso. Son dispositivos para establecer una conexión inalámbrica entre equipos y pueden formar una red inalámbrica externa (local o internet) con la que interconectar dispositivos móviles o tarjetas de red inalámbricas. Esta red inalámbrica se llama WLAN (Wireless local area network) y se usan para reducir las conexiones cableadas.
- **Redes inalámbricas de área local (WLAN):** Las redes inalámbricas de área local (WLAN) están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros y se utilizan sobre todo en el hogar, la escuela, una sala de ordenadores, o entornos de oficina Esto

proporciona a los usuarios la capacidad de moverse dentro de un área de cobertura local y permanecer conectado a la red. Las WLAN se basan en el estándar 802.11 del IEEE y son comercializadas bajo la marca Wi-Fi. Debido a la competencia, otros estándares como HIPERLAN nunca recibieron tanta aplicación comercial. El estándar IEEE 802.11 fue más sencillo de implementar y se hizo más rápido con el mercado. El IEEE 802.11 comprende toda una familia de diferentes estándares para redes inalámbricas de área local. El IEEE 802.11b fue el primer estándar aceptado, admitiendo hasta 11 Mbps en la banda frecuencial sin licencia de 2,4 GHz. Posteriormente, el estándar IEEE 802.11g fue diseñado como el sucesor del IEEE 802.11b con un mayor ancho de banda. Un punto de acceso IEEE 802.11g soportará clientes 802.11b y 802.11g. Del mismo modo, un ordenador portátil con una tarjeta IEEE 802.11g será capaz de acceder a los puntos de acceso 802.11b existentes, así como a los nuevos puntos de acceso 802.11g. Esto se debe a las redes LAN inalámbricas basadas en 802.11g utilizan la misma banda de 2,4 GHz que utiliza el 802.11b. La velocidad de transferencia máxima para el enlace inalámbrico IEEE 802.11g es de 54 Mbps, pero se ve reducida automáticamente cuando la señal de radio es débil o cuando se detecta una interferencia.

- **Wi-Fi:** Wi-Fi es una tecnología de red inalámbrica a través de la cual los dispositivos, como computadoras (portátiles y de escritorio), dispositivos móviles (teléfonos inteligentes y accesorios) y otros equipos (impresoras y videocámaras), pueden interactuar con Internet. Permite que estos dispositivos, entre tantos otros, intercambien información entre sí y establezcan, de esta manera, una red.

La conectividad a Internet se logra a través de un router inalámbrico. Cuando accede a Wi-Fi, se conecta a un router inalámbrico que permite que los dispositivos que admiten Wi-Fi interactúen con Internet.¹

- **Wi-Fi6:** Wi-Fi 6 es un nuevo estándar inalámbrico. También llamado 802.11ax, está preparado para hacer grandes olas en la conectividad de red y las mejoras de la experiencia del usuario.

Wi-Fi 6 abre nuevas posibilidades para la tecnología inalámbrica. La velocidad, la capacidad y el control mejorados no solo respaldarán las aplicaciones existentes con mayor rendimiento y experiencias mejoradas, sino que también impulsarán nuevas innovaciones que cambiarán la forma en que las personas trabajan.

Wi-Fi 6 comenzó su aceleración en 2019, y aunque el estándar se ratificó en septiembre de ese año, Samsung lanzó un dispositivo Wi-Fi 6 en febrero. Cisco trabajó con Samsung detrás de escena para validar que Wi-Fi 6 en realidad ofrece conexiones más rápidas, más capacidad y mayor duración de la batería².

- **WLC:** Una WLC (Wireless LAN Controller) es una controladora de red inalámbrica, un dispositivo que facilita la administración de las redes WLAN al centralizar la gestión de todos los AP permitiendo crear diferentes SSID que se irradian automáticamente por todos los puntos de acceso inalámbricos, también facilita la creación de grupos de AP y permite configurar características de seguridad adicionales.

¹ <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/e-nb-06-preparing-for-wifi-6-ebook-cte-en.html?oid=ebken019104>

² <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/e-nb-06-preparing-for-wifi-6-ebook-cte-en.html?oid=ebken019104>

- **TOPÓGRAFO:** Ingeniero o técnico que estudia la instalación para comprender el comportamiento de RF, descubre áreas de cobertura de RF, verifica la interferencia de RF y determina la ubicación adecuada de los dispositivos inalámbricos.
- **VISIWAVE SITESURVEY:** Software que permite realizar fácilmente estudios de sitios inalámbricos profesionales. Analiza la red Wi-Fi, crea mapas de calor de cobertura, ve vacíos de cobertura, ve el uso, superposición de canales y más.

RESUMEN

Las redes inalámbricas Wi-Fi han venido tomando un gran impacto en el campo de la tecnología, es por esto que hoy en día la mayoría de las empresas utilizan estas redes inalámbricas. En la Agencia Nacional de Infraestructura ANI el personal que hace uso de la red inalámbrica WLAN indica que la red Wi-Fi de la oficina principal de Bogotá presenta muchas falencias y es muy difícil lograr una conexión estable. Debido a la inconformidad de los usuarios, en el presente proyecto se realiza un estudio de sitio con el fin de identificar problemas de cobertura de la red inalámbrica de la ANI en Bogotá y mediante un planning survey se simula una red que permita mitigar los inconvenientes presentados: como resultado del análisis de ingeniería del site survey y planing survey, se generó un **Manual de recomendaciones para mejorar la cobertura de la red WI-FI en la sede principal de la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI en la ciudad de Bogotá**, en el cual se encuentra una serie de recomendaciones que, de llegar a ser aplicadas, mejorará la cobertura e irradiación de la red WLAN de la oficina principal de la Agencia Nacional de Infraestructura sede Bogotá.

INTRODUCCIÓN

Los administradores de las redes Inalámbricas se enfrentan al reto de ofrecer cada vez mayores niveles de servicio en zonas donde el espectro se encuentra saturado con varias redes inalámbricas, adicionalmente se enfrenta a los inconvenientes de interferencias causadas por dispositivos que emiten ondas en las mismas frecuencias de la red Wi-Fi. En la Agencia nacional de Infraestructura el personal de la oficina principal identificaba constantes intermitencias de la red WLAN, este inconveniente generaba una inconformidad importante entre los usuarios del Wi-Fi que sentían retraso en sus labores diarias por los problemas de la red WLAN.

Este documento quiere denotar la actual situación de la Red Wi-Fi en la oficina principal de la Agencia Nacional de Infraestructura sede Bogotá, con el fin de evidenciar posibles falencias sobre la red WLAN y generar las recomendaciones pertinentes desde el punto de vista de la ingeniería para mejorar su cobertura, utilizando una metodología de investigación Mixta.

En el primer capítulo se identifica el estado actual de la red WLAN de la Agencia Nacional de infraestructura y los inconvenientes que presenta, en el segundo capítulo se realiza un análisis de las falencias identificadas en el estado actual de la red Wi-Fi desde el punto de vista de la ingeniería y en el tercer capítulo se propone un planning Survey para simular una mejor posición de los Access Point a fin de mejorar las falencias de cobertura de la red WLAN de la Agencia Nacional de Infraestructura, en el cuarto capítulo se documenta el proceso completo, desde la identificación del estado actual de la red WLAN hasta su optimización y propuesta de recomendaciones de mejora, las cuales se plasman en un manual de recomendaciones, anexo al presente proyecto.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad las redes WLAN están expuestas a fallas debido a la saturación del espectro y posibles interferencias física, lo cual impide una buena experiencia al hacer uso de las redes Wi-Fi y a su vez interrumpe el desarrollo óptimo de las labores que requieran una conexión estable. En la oficina principal de la Agencia Nacional de Infraestructura, el personal que hace uso de la red WLAN han expuesto su inconformidad al conectarse al Wi-Fi de la entidad, debido a que evidencia constantes intermitencias e interrupciones las cuales afectan el desarrollo de sus actividades diarias.

Garantizar un acceso a internet adecuado debe ser una prioridad para las organizaciones, debido a que el acceso a internet es un derecho fundamental para la humanidad y a su vez facilita el cumplimiento de los Objetivos del Milenio³.

Para muchas empresas estar conectadas es vital. Esto puede traducirse en la oportunidad de generar nuevos negocios o simplemente de brindar una experiencia adicional. Por eso es tan importante contar con una conexión Wi-Fi de calidad que permita realizar algunas acciones más allá de acceder a Internet

La mayoría de las empresas saben que, para poder llevar a cabo varios de sus procesos, se hace necesario tener Internet, pero también saben que, con el aumento en el uso de los dispositivos móviles, se hace más que necesario tener “la información a la mano” y esto se logra por medio de conexiones Wi-Fi⁴

³ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>

⁴ <https://destinonegocio.com/co/gestion-co/importancia-conexiones-wifi-empresa/>

Adicionalmente las redes Wi-Fi permiten a los empleados de la ANI la facilidad de moverse por las diferentes áreas de la compañía y poder acceder a las herramientas e información necesaria para lograr un desempeño adecuado.

Por tal motivo es necesario garantizar un buen entorno de red Wi-Fi en la oficina principal de la ANI y en este proyecto se analizarán las posibles falencias y se generará un documento de recomendaciones que si se ejecutan ayudarán a mejorar el entorno de red Wi-Fi. Lo anterior lleva a contemplar ¿Cuáles serían las recomendaciones, desde el punto de vista de la ingeniería, para mejorar la cobertura de la red Wi-Fi en la sede principal de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI en Bogotá?

JUSTIFICACIÓN

El acceso a internet hoy en día es una herramienta fundamental para un correcto desarrollo académico y laboral; según la ONU “el acceso a internet es un derecho humano”⁵ “La única y cambiante naturaleza de internet no sólo permite a los individuos ejercer su derecho de opinión y expresión, sino que también forma parte de sus derechos humanos y promueve el progreso de la sociedad en su conjunto”, indicó el Relator Especial de la ONU⁶. En la oficina principal de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI sede Bogotá, el personal que se conecta a la red Wi-Fi ha manifestado que evidencia intermitencias y constantes desconexiones, lo cual afecta notablemente su trabajo debido a que pierde la conexión con documentos compartidos, que requieren ser editados a través de la nube de una forma eficiente.

Por tal motivo se debe garantizar que el personal de la ANI tenga acceso a internet con la mayor eficiencia posible. De acuerdo con lo anterior es de suma importancia realizar un análisis de cobertura en la oficina principal de la ANI sede Bogotá, con el fin de identificar las falencias relacionadas a la cobertura de la red WLAN y generar un documento de recomendaciones para mejorar la red Wi-Fi.

⁵ <https://cnnespanol.cnn.com/2011/06/09/el-acceso-a-internet-un-derecho-humano-segun-la-onu/>

⁶ <https://cnnespanol.cnn.com/2011/06/09/el-acceso-a-internet-un-derecho-humano-segun-la-onu/>

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar un manual con recomendaciones, desde el punto de vista de la ingeniería, para mejorar la cobertura de la red Wi-Fi en la sede principal de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI en Bogotá

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar el estado actual de la red WLAN en la sede principal de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI en Bogotá mediante un site survey
- Analizar los resultados del site survey a fin de planificar una nueva red WLAN que responda a las necesidades de los usuarios
- Establecer un planning Survey para optimizar la posición de los Access Point a fin de mejorar las falencias de cobertura de la red WLAN de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI en la sede principal Bogotá
- Documentar el proceso completo, desde la identificación del estado actual de la red WLAN hasta su optimización y propuesta de recomendaciones de mejora.

MARCO DE REFERENCIA

MARCO CONCEPTUAL

Redes Inalámbricas Wi-Fi

En el año de 1999 el miembro fundador de la Wireless Ethernet Compatibility Alliance (Wi-Fi Alliance), Phil Belanger⁷, que antes era llamada WECA⁸, sabía que surgía la necesidad de un nombre más fácil de conocer y que la gente lo entendiera y fuera agradable para representar los nuevos estándares de red de conexión local que planteó la IEE 802.11b. Se reunieron los miembros de la Wi-Fi Alliance con algunas firmas importantes de branding y publicidad llamada Interbrand, los que fueron partícipes en este proyecto, y de aquí surgió el término Wi-Fi.

La Wi-Fi Alliance utilizó el eslogan publicitario The Standard for Wireless Fidelity (El estándar para la fidelidad inalámbrica) por un corto tiempo después de que se creara la marca, y aunque el nombre nunca fue oficialmente Fidelidad Inalámbrica, como la Wi-Fi Alliance también se denominó Wireless Fidelity Alliance Inc. —Alianza de la Fidelidad Inalámbrica incorporada— en algunas publicaciones y en la web del IEEE se define que «WiFi es una abreviación de Wireless Fidelity», se puede concluir que Wi-Fi se entiende como un acrónimo de Fidelidad Inalámbrica en inglés para nombrar un conjunto de protocolos y hardware de red inalámbrica, con inspiración mercadotécnica en el nombre Hi-Fi (de high fidelity o alta fidelidad), que designa un conjunto de sistemas de audio de altas prestaciones.

⁷ Phil –Belanger - miembro fundador de WECA

⁸ WECA – la empresa Wireless Ethernet Compatibility Alliance fue creada en 1999 por Nokia y Symbols Technologies con el objetivo de buscar compatibilidad entre tecnologías Ethernet inalámbricas bajo la norma 802.11 del IEEE

Los que fundaron la Wireless Ethernet Compatibility Alliance que ahora es conocida como Wi-Fi Alliance fueron los que escogieron el termino Wi-Fi para representar a todo lo que se refiere a redes inalámbricas, es decir, el nombre proviene de una marca.

Existen muchas maneras de escribirlo como Wi-Fi, Wi-Fi, Wi-fi, pero al final todas significan lo mismo, la manera de conectarse sin necesidad de un cable. Al hablar de redes inalámbricas Wi-Fi se dice que son un mecanismo que sirve para realizar conexiones con cualquier tipo de artefacto de manera inalámbrica.

Una de las ventajas de las redes Wi-Fi es que funcionan con banda libre o banda no licenciada; para entender mejor esto se dice que existen algunas frecuencias de trabajo libres y se debió escoger una bajo la cual funcione el Wi-Fi, en este caso se tiene 2.4, 5.4, 5.8 GHz las cuales son de regulación pertinente.

La principal ventaja es que no requiere de un conocimiento a profundidad para manejar los enlaces, debido a que la instalación es sencilla a diferencia de la banda licenciada que necesita recurrir a personal capacitado con experticia en los permisos y regulaciones.

Existen una infinidad de equipos o dispositivos tanto personales como grupales que son capaces de conectarse a una red inalámbrica utilizando un punto de acceso. Dentro de estos actualmente se cuenta con varios dispositivos inteligentes como celulares, computadoras, etc. Cada uno tiene diferente alcance y la distancia va a variar dependiendo del dispositivo que se utilizó.

Historia

Debido a los problemas de conexión que existían y de las exigencias de los usuarios sobre la forma de conectarse al Internet, surge esta nueva tecnología o más

conocida como mecanismo que funcione con cualquier dispositivo y que sea inalámbrico.

Varias empresas que tenían conocimiento sobre este concepto buscaron la manera de formar una alianza para de esa manera fomentar todo acerca de esta tecnología inalámbrica y sobre todo que ofreciera a los usuarios la posibilidad de usarla en cualquier equipo y sin problemas de compatibilidad.

A esta organización se la conoce como Wi-Fi Alliance y está conformada por 3COM⁹, Lucent Technology¹⁰, Intersil¹¹, Symbol Technologies y Nokia. La Wi-Fi Alliance es una marca de certificación conocida en todo el mundo, es un sello que certifica que los equipos han sido aprobados en el cumplimiento de estándares que se proponen en la Wi-Fi Alliance, los cuáles son acordados en la industria como normas de interoperabilidad, seguridad y varios protocolos de especificación.

Los productos que tienen el sello de Wi-Fi Alliance dan confianza y seguridad ya que estos equipos pasaron por rigurosas pruebas por cada uno de los laboratorios independientes autorizados para realizar todas las pruebas. Si el equipo superó con éxito las pruebas, el fabricante tiene el derecho a usar el sello o logotipo de Wi-Fi Alliance en sus equipos.

La certificación Wi-Fi Alliance garantiza que un equipo ha pasado por numerosas pruebas y configuraciones con varios dispositivos que ayudan a comprobar su interoperabilidad con cualquier otro equipo certificado Wi-Fi que obviamente operado bajo la misma banda de frecuencia. Lo que da una garantía que si se

⁹ 3COM – es uno de los líderes en la fabricación de equipos de infraestructura de redes inalámbricas

¹⁰ Lucent Technology – es una compañía multinacional estadounidense de equipos de telecomunicaciones

¹¹ Intersil – es una empresa de gestión especializada en el desarrollo de la gestión de la tecnología de precisión para aplicaciones industriales, infraestructura, móviles, automoción y aeroespacial.

obtiene un equipo certificado funcionará sin problema con cualquier otro equipo también certificado por la Wi-Fi Alliance.

Para obtener esta certificación existen varios equipos disponibles para los usuarios en diversos tipos y tamaños, ofrecidos para diversas empresas y también para equipos específicos, dentro de esto se encuentran electrodomésticos, teléfonos inteligentes, periféricos y ordenadores, electrónica del consumo y para infraestructura de red.

El logotipo de Wi-Alliance se puede encontrar en los equipos en cualquier parte del mundo para que los usuarios puedan obtenerlos de manera libre. Sin importar la marca del producto los usuarios pueden estar seguros, si el equipo lleva el logotipo Wi-Fi Alliance funcionará de la mejor manera y la experiencia para el usuario será satisfactoria

Figura 1. Sello de certificación Wi-Fi Alliance



Fuente: Wi-Fi Alliance®, publicado en el sitio web <http://www.wi-fi.org/certification>

A partir de esta alianza se definió un estándar propio para esta tecnología inalámbrica; en el 2000 WECA acepta la interoperabilidad para todos los equipos basados en la norma para redes inalámbricas IEEE 802.11 con lo que se garantizaba a los usuarios el funcionamiento correcto de esta tecnología y que todos tengan la marca Wi-Fi. Con el tiempo la Wireless Ethernet Compatibility Alliance fue evolucionando y avanzando en cuanto a estándares, todos los estándares 802.11 se iban mejorando en cuanto a velocidad de transferencia, alcance, seguridad y

otros aspectos, para el año 2002 ya tenía alrededor de 150 miembros. Antes de crearse estas normas existían las normas de Ethernet 802.3 pero las IEEE 802.11 fueron creadas como sustituto de las capas físicas. Por lo que en realidad estas dos eran idénticas con una única diferencia que era la forma como los paquetes de datos transmitían información.

La red inalámbrica 802.11 era totalmente compatible con los servicios locales LAN 11 e Ethernet. Es necesario comprender que IEEE 802.3 es conocido por ser la primera tentativa para que las redes fundamentadas en Ethernet fueran estandarizadas con especificaciones físicas. Después de esto se dio un aumento de forma sucesiva al estándar y logró cubrir todos los aumentos de velocidad como el Fast Ethernet, Gigabit Ethernet y el 10 gigabit Ethernet, así como conmutadores, redes virtuales, hubs, cables de cobre y también fibra óptica.

Protocolos

A continuación, se presenta un gráfico que resume cómo fueron evolucionando los estándares más importantes:

Figura 2. Evolución de los estándares IEEE 802.11.



Fuente: Elaborado por el autor

IEEE 802.11 legacy

Se podría decir que es la versión original de los estándares, fue publicada por IEEE en el año 1997, habla de dos velocidades principales de transmisión las cuáles son de 1 y 2 Mbit/s las cuáles son transmitidas por señales infrarrojas conocidas como IR las cuáles forman el estándar, sin embargo, no existen disponibles las implementaciones. IEEE 802.11 a b g n a c - 22 - Dentro de este estándar se puede encontrar definido el protocolo CSMA/CA que significa "Múltiple Acceso por Detección de Portadora Evitando Colisiones" el cuál es un modo de acceso. Se encontraron varios problemas de interoperabilidad al tratar de mejorar la calidad de la transmisión sujeta a límites ambientales. Dichos errores se ven corregidos en el nuevo estándar presentado después que fue el 802.11b, el cual, cabe mencionar, fue el primer estándar en ser aceptado por los usuarios.

IEEE 802.11b

Este estándar fue aprobado y ratificado después de varias inspecciones en el año 1999. Al igual que el primer estándar 802.11 también conocido como CSMA/CA la manera de acceder es la misma. Este estándar funciona en la banda de 2,4 GHz. Su velocidad de transmisión máxima es de 11 Mbps.

IEEE 802.11a

Este estándar fue aprobado y ratificado después de varias inspecciones en el año 1999. Este estándar funciona en la banda de 5 GHz y su velocidad máxima de transmisión es de 54 Mbits/s, por lo que se dice que dicho estándar sea muy utilizado en redes inalámbricas ya que es muy práctico y alcanza velocidades en tiempo real hasta de 20 Mbits/s. De ser necesario la velocidad al momento de transmitir datos puede ir disminuyendo periódicamente variando entre 48, 36, 24, 18, 12, 9 o 6 Mbits/s si es que este fuera el caso. Este estándar posee 12 canales,

8 son destinados para redes inalámbricas y 4 son destinados para las conexiones conocidas como punto a punto. Trabaja con el mismo método del primer estándar 802.11, es decir, que hace uso del mismo grupo de protocolos. Para que este estándar pueda tener un múltiple acceso mediante frecuencias ortogonales divididas, hace uso de 52 subportadoras.

Un problema de este estándar es que no puede operar con otros equipos que utilicen el estándar 802.11b a excepción de ciertos equipos que operan bajo los dos estándares.

IEEE 802.11g

Este estándar es una sucesión del estándar 802.11b, por lo que obviamente los dos son compatibles ya que operan bajo las mismas frecuencias. Fue aprobado y ratificado en el año 2003 después de varias pruebas. Los equipos con este estándar fueron lanzados al mercado de manera rápida en el mes de junio del mismo año que fue aprobado y dichos equipos fueron construidos con el fin de trabajar con ambos estándares. La mayor dificultad al momento de crear este nuevo estándar fue lograr que tanto el 802.11b y el 802.11g sean compatibles por lo que fueron diseñados de esta manera, pero igual se presenta un problema de disminución de velocidad en la transmisión cuando las redes que trabajan con el estándar 802.11g conjuntamente funcionan con nodos de la red 802.11b. El estándar 802.11g tiene una velocidad máxima de transmisión de datos de 54 Mbits/s al igual que el 802.11b, en velocidad real se podría decir que está a un promedio de 22 Mbits/s y trabaja bajo su misma banda, es decir, la banda de 2,4 GHz. En la actualidad los equipos han sido mejorados y ofrecen mayor potencia ya que pueden alcanzar grandes distancias hasta de 50km y llegar a medio vatio de potencia para lo cual se usa antenas parabólicas. Se presenta actualmente una variación de este estándar que se conoce como 802.11g+ que mejora la velocidad de transmisión de datos ya que puede llegar hasta 108Mbps.

IEEE 802.11n

Este estándar surgió con la necesidad de mejorar la velocidad de transmisión de los datos, así como la velocidad real de transmisión y el alcance de operación va a ser mayor. Este estándar llega a velocidades máximas de 600 Mbits/s, es decir, que puede ser hasta 10 veces más rápida que las redes que funcionan bajo los estándares 802.11b, 802.11^a y 802.11g. Fue anunciado por la IEEE en el año 2004. Al hablar del alcance de operación en este estándar se evidencia que fue mejorado gracias a la tecnología MIMO que significa múltiples entradas y múltiples salidas, lo cual va a permitir hacer uso de múltiples canales para el envío y recibimiento de datos y esto se logra ya que no se implementa una sola antena sino varias, en este caso son 3. Se ha ido implementando este estándar desde el año 2008 después de haber realizado varios prototipos que han sido aprobados. Estos dispositivos utilizan la banda de 2,4 y 5 GHz, es decir, que pueden trabajar utilizando cualquiera de las dos, es por esto que este estándar hace que los equipos sean compatibles con cualquier dispositivo que trabaje bajo cualquiera de los estándares anteriores de Wi-Fi. Utilizar este estándar puede traer una ventaja en cuanto a la congestión ya que la banda de 5GHz es menos congestionada por lo que se puede mejorar la cobertura y a su vez dar una mejora a rendimiento de las redes Wi-Fi. Después de toda la información que se analizó, su funcionamiento y las ventajas que ofrecía este estándar fue ratificado en septiembre del 2009 por la IEEE, asegurando que su velocidad en capa física máxima será de 600 Mbps.

IEEE 802.11ac

Este nuevo estándar utiliza la banda de 5GHz por eso se lo conoce también con el nombre de Wi-Fi 5G o Wi-Fi Gigabit, es una evolución mejorada del estándar

802.11n y este fue implementándose alrededor de los años 2011 y 2013, pero su aprobación y ratificación final se dio en el año 2014. Su velocidad máxima de transmisión de datos es de 6.93 Gbits/s, es decir, alrededor de 433 Mbit/s en velocidad real de flujo de datos y utiliza al igual que el estándar 802.11n las mismas 3 antenas. Este estándar tiene un ancho de banda de 40, 80 y hasta 160 MHz y utiliza hasta 8 múltiples entradas y salidas MIMO.

MARCO TEÓRICO

MULTIPATH

El efecto MULTIPATH (Multi-trayecto) se produce cuando las señales de RF toman diferentes caminos desde un origen a un destino. Una parte de la señal se dirige al destino mientras que otra parte rebota en algún obstáculo que lo obstruye y a después viaja al destino. Como resultado, parte de la señal se encuentra con retraso y viaja un camino más largo para el destino. Multi-trayecto se puede definir como la combinación de la señal original, además de los frentes de onda duplicados que resultan de la reflexión de las olas de obstáculos entre el transmisor y el receptor.

Debido a lo anterior, la distorsión por trayectoria múltiple es una forma de “Interferencia de RF” que se produce cuando una señal de radio tiene más de un camino entre el receptor y el transmisor. Esto ocurre con superficies tanto metálicas u otras RF- reflectantes tales como muebles, paredes (Muro concreto), madera o vidrio¹².

Algunos entornos comunes de redes WLAN con una alta probabilidad de interferencia Multipath incluyen¹³:

- Hangares
- Aeropuertos
- Fábricas de acero
- Áreas de Manufactura
- Centros de distribución

¹² <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/27147-multipath.html>

¹³ https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/405/1/Tesis_t626ec.pdf

Otros lugares en los que la antena de un dispositivo de RF está expuesto a las estructuras metálicas son:

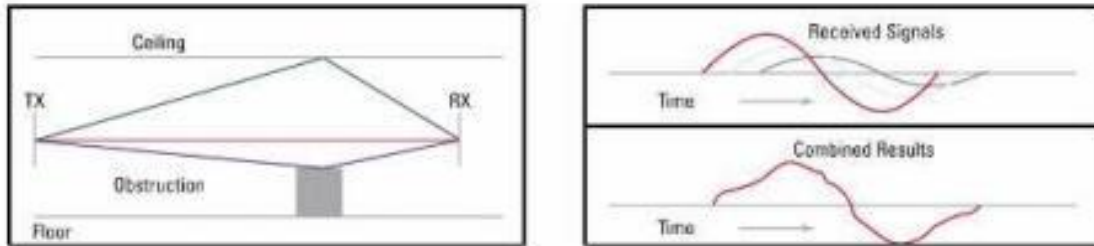
- Paredes Reforzadas
- Techos (Ductos de AC, lámparas, escalerillas, cableado estructurado)
- Bastidores
- Estanterías
- Otros artículos metálicos

Algunos efectos de la distorsión por trayectoria múltiple incluyen:

- Corrupción de Datos: Ocurre cuando el Multipath es tan grave que el receptor no es capaz de detectar la información transmitida.
- Anulación de la señal: Se produce cuando las ondas reflejadas llegan exactamente fuera de fase con la señal principal y cancelar la señal principal por completo.
- Aumento de la amplitud de la señal: Se produce cuando las ondas reflejadas llegan en fase con la señal principal y añaden a la señal principal que aumenta la intensidad de la señal.
- Disminución de la amplitud de la señal: Se produce cuando las ondas reflejadas llegan fuera de fase en cierta medida con la señal principal que reduce la amplitud de la señal.¹⁴

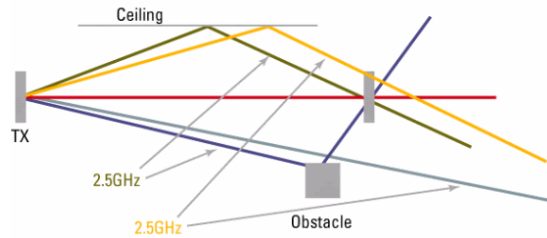
¹⁴ <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/27147-multipath.html>

Figura 3. El receptor escucha múltiples señales de trayectos múltiples de las superficies reflejadas



Fuente tomado de: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/27147-multipath.html>

Figura 4. Posición del punto nulo de trayectos múltiples según la frecuencia



Fuente tomado de: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/27147-multipath.html>

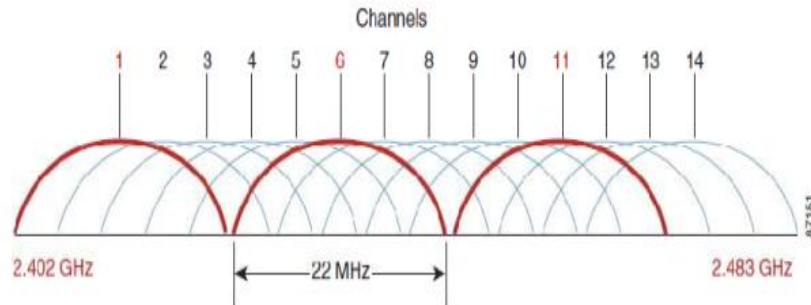
ANÁLISIS DE CANALES EN UNA RED INALÁMBRICA

El estándar IEEE 802.11 que regula las redes locales inalámbricas, especifica también los tres rangos de frecuencia disponibles para los dispositivos que emiten de esta forma: 2.4 GHz, 3.6 GHz y 5 GHz. La mayoría de los dispositivos actuales operan, por defecto, en la gama de frecuencias cercana a 2.4 GHz y 5 GHz, por lo que en estas bandas se realizará el análisis. Cada rango de frecuencias es subdividido, a su vez, en varios canales.

Para 2.4 GHz, se habla de alrededor de 14 canales, separados entre sí cada 5 MHz. El problema de esta distribución es que cada canal necesita 22 MHz de ancho de

banda (BW) para operar, y como se puede apreciar en la Figura 5, esto produce un Overlapping de varios canales contiguos.¹⁵

Figura 5. canales en la banda de 2.4 GHz (802.11b/g)



Fuente tomado de: <http://entelsec.blogspot.com/2012/07/interferencia-red-Wi-Fi-inssider.html>

Aquí aparece un concepto importante para tener en cuenta: el Overlapping. Como puede observarse en la Figura 5, en el canal 1 se superpone con los canales 2, 3, 4 y 5, y por tanto los dispositivos que emitan en ese rango de frecuencias pueden generar interferencias. Lo mismo ocurre con el canal 6 y los canales 7, 8, 9 y 10. Por tal motivo, la selección de canales en los Access Point disminuyendo el Overlapping de señales mejora la calidad de la red inalámbrica. De esta forma, los únicos canales sobre la banda de 2.4 GHz con No-Overlapping son el 1, 6 y 11.

DISEÑO METODOLÓGICO

El presente proyecto se desarrolla mediante una metodología de investigación mixta, debido a que los fines y objetivos de investigación son principalmente de carácter exploratorio y a su vez toma datos medibles puesto que la recolección de información se realizar mediante métodos de análisis de irradiación Wi-Fi con ayuda de la herramienta Visiwave Syte survey.

¹⁵ <http://entelsec.blogspot.com/2012/07/interferencia-red-wifi-inssider.html>

“la metodología mixta intenta combinar lo mejor de las metodologías cualitativas y cuantitativas para integrar las perspectivas y crear una imagen rica de los datos”¹⁶. En la tabla 1, se relaciona el tipo de metodología de investigación aplicada en cada uno de los objetivos específicos.

Tabla 1. Metodología aplicada

Objetivo específico	Desarrollo metodológico
Realizar un site survey en la oficina principal de la ANI sede Bogotá para identificar el estado actual de red wlan	Este objetivo se desarrolla mediante una metodología de investigación cuantitativa, debido a que se realizara la toma de información por medio de la herramienta Vistiswave Sytesurve la cual realiza una toma de datos matemáticos que identifican la cobertura de los Aps pertenecientes a una red Wlan y los traduce en mapas de calor
Analizar los resultados del site survey a fin de planificar una nueva red WLAN que responda a las necesidades de los usuarios	La metodología de investigación empleada en el presente objetivo fue mixta, debido a que se analizan datos numéricos y adicionalmente se realiza una inspección visual de la infraestructura en la cual se irradia la red Wi-Fi
Establecer un planning Survey para optimizar la posición de los Access point a fin de mejorar las falencias de	El desarrollo metodológico del presente objetivo se basó en una investigación cualitativa debido a que se analiza el

¹⁶Hernández Sampieri Roberto, Metodologías de la investigación.

Objetivo específico	Desarrollo metodológico
cobertura de la red WLAN de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI en la sede principal Bogotá	resultado del Site Survey y se realiza una simulación mediante software para cubrir las zonas con poca intensidad de señal y analizar el mejor posicionamiento de los Aps
Documentar el proceso completo, desde la identificación del estado actual de la red WLAN hasta su optimización y generar propuesta de recomendaciones de mejora.	El presente objetivo se desarrolló mediante una metodología de investigación mixta debido a que se redactan todos los resultados de la investigación realizada sobre la red WLAN

Fuente: elaboración propia

El estudio de sitio y recomendaciones plasmados se desarrollaron basados en el site survey realizado en la oficina principal de la ANI sede Bogotá por tal motivo las sugerencias y recomendación aplican para dicha oficina.

1 ESTADO ACTUAL DE LA RED WLAN EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA -ANI EN BOGOTÁ

Un estudio del sitio de radiofrecuencia (RF) (Site survey) es el primer paso en el despliegue de una red inalámbrica y el paso más importante para asegurar la operación deseada. Una inspección del sitio es un proceso de tarea por tarea mediante el cual el topógrafo estudia la instalación para comprender el comportamiento de RF, descubre áreas de cobertura de RF, verifica la interferencia de RF y determina la ubicación adecuada de los dispositivos inalámbricos.¹⁷

En una red inalámbrica, pueden surgir muchos problemas que pueden evitar que la señal de radiofrecuencia (RF) llegue a todas las partes de la instalación. Los ejemplos de problemas de RF incluyen distorsión de trayectos múltiples, problemas de nodos ocultos y problemas cercanos / lejanos. Para abordar estos problemas, se debe encontrar las regiones donde ocurren estos problemas. Un estudio del sitio ayuda a definir los contornos de la cobertura de RF en una instalación en particular, ayuda a descubrir regiones donde puede ocurrir distorsión de múltiples trayectos, áreas donde la interferencia de RF es alta y encontrar soluciones para eliminar tales problemas. Un estudio del sitio que determina el área de cobertura de RF en una instalación también ayuda a elegir la cantidad de dispositivos inalámbricos que una empresa necesita para cumplir con sus requisitos comerciales.

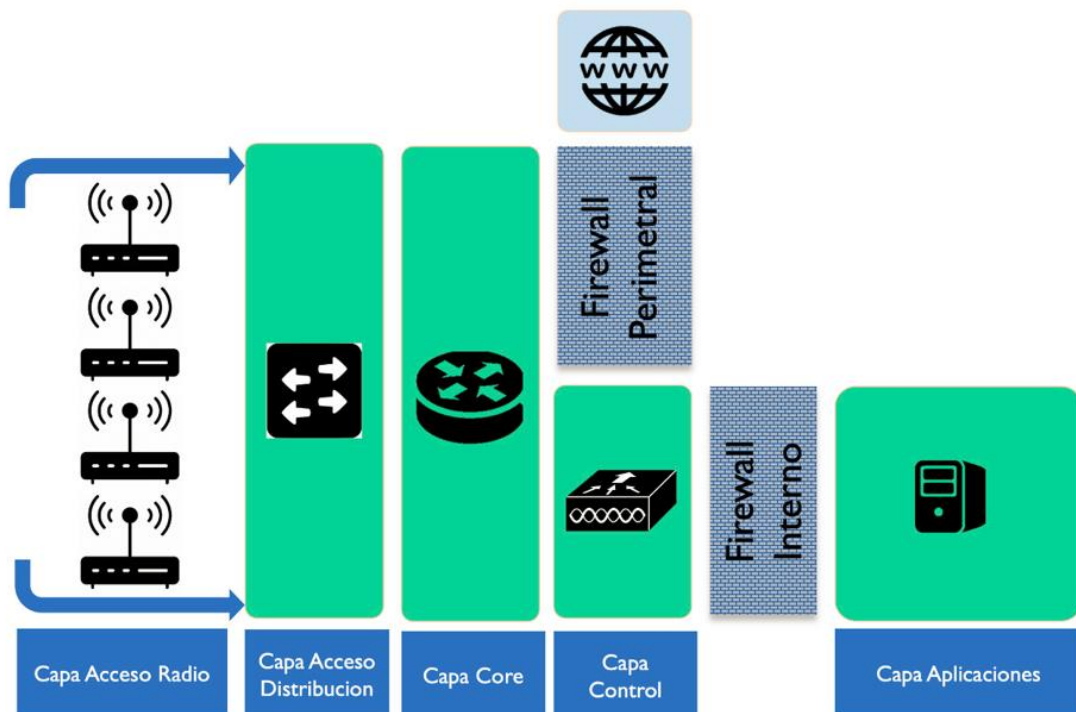
Por tal motivo en el presente objetivo se realizó un estudio de sitio sobre la red WLAN de la oficina principal de la ANI con el fin de identificar las posibles falencias de cobertura.

¹⁷ https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/68666-wireless-site-survey-faq.html?referring_site=bodynav#qa1

1.1 ARQUITECTURA CONCEPTUAL DE LA RED WLAN ANI

A continuación, se relaciona la Arquitectura conceptual de la Red WLAN de la ANI, en la cual se puede evidenciar la caracterización de conexión a internet o al segmento de aplicaciones.

Figura 6. Arquitectura conceptual de la red WLAN de la ANI



Fuente: elaboración propia

Se evidencia el flujo de tráfico desde la capa de acceso Radio, hacia la capa de distribución, capa Core, capa de control, pasando por el firewall perimetral o firewall interno, dependiendo de su destino; si el tráfico tiene como destino Internet, pasa por el firewall perimetral; si su destino es una aplicación, pasa por el firewall interno.

1.2 ELEMENTOS DE RED QUE PUEDEN AFECTAR EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED WIFI

Para garantizar una red estable el personal de infraestructura de la ANI debe contemplar los siguientes aspectos importantes en su red LAN

- Garantizar un cableado estructurado optimo en su red LAN
- Garantizar una correcta parametrización en de las reglas en los Firewall
- Validar la negociación entre troncales de red
- Evitar problemas de loops por rutas estáticas mal configuradas en la Red LAN
- Configurar correctamente el STP spanning tree protocolo que evita bucles en la red

1.3 CARACTERIZACION DE LOS AP ACTUALES

De acuerdo con su fabricante, los AP 1600 se encuentran al fin de vida útil. Estos AP solo irradian en la banda de 2,4 GHz, tal como se ilustra a continuación.

Figura 7. Potencia máxima de transmisión de los AP 1600

Potencia máxima de transmisión total	2,4 GHz <ul style="list-style-type: none">● 802.11b<ul style="list-style-type: none">○ 22 dBm (3 antenas habilitadas)● 802.11g<ul style="list-style-type: none">○ 22 dBm (3 antenas habilitadas)● 802.11n (HT20)<ul style="list-style-type: none">○ 22 dBm (3 antenas habilitadas)
---	---

Fuente tomado de:<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1600-series/eos-eol-notice-c51-737506.html>

1.4 REALIZACIÓN DE SITE SURVEY

El 16 de septiembre del 2021 se ejecutó el site survey en la sede principal de la ANI, se realizó un recorrido por toda la oficina captando la cobertura del Wi-Fi mediante la herramienta Visiwave. Se selecciona la herramienta Visiwave site survey para realizar el site survey de la oficina principal de la ANI sede Bogotá, con el fin de identificar las zonas con falencia de cobertura y proponer posibles soluciones para mejorar el entorno de red.

1.4.1 Criterios de elección de herramienta VisiWave

En la industria existen diversos productos para realizar Site Survey; entre ellos, se encuentran: Visi Wave Site Survey, Ekahau Pro, Survey for iPad, iBwave Wi-Fi. Aunque, en términos generales, todos ofrecen las mismas funcionalidades básicas, no todos operan sobre el mismo sistema operativo, ni permiten realizar tanto survey pasivo como activo. En lo que corresponde a los aspectos funcionales, las dos herramientas comparables serían Visi Wave Site Survey e iBwave Wi-Fi; sin embargo, en términos de costos Visi Wave Site Survey supera ampliamente a iBwave Wi-F, como se presenta a continuación.

Tabla 2 Comparación costo veneficio herramientas Site survey

Product	Creator	Operating system	Cost (USD)	Software license	Passive surveys	Active surveys
Visi Wave Site Survey	AZO Technologies	Windows, macOS	\$541	Proprietary	Yes	Yes

Product	Creator	Operating system	Cost (USD)	Software license	Passive surveys	Active surveys
Ekahau Pro] ^{[4][5]}	Ekahau	Windows, macOS	\$5495	Proprietary	Yes	No
Survey for iPad	Ekahau	iOS	\$1595	Proprietary	No	Yes
iBwave Wi-Fi	iBwave Solutions	Windows	\$3,995 & up	Proprietary	Yes	Yes

Fuente: elaboración propia

Como se evidencia en la Tabla 2, VisiWave resulta ser la mejor herramienta costo-beneficio para realizar un Site Survey. Adicionalmente, cuenta con las siguientes características:

- VisiWave Site Survey permite al usuario importar planos de infraestructuras a las cuales se les desee realizar un estudio de cobertura Wifi y colocar manualmente la escala de referencia con el fin de obtener un análisis Acertado.
- Una vez se haya importado el plano de planta a Visiwave Site Survey, se puede capturar los datos de la encuesta del sitio punto por punto (marcando ubicaciones manualmente, de forma continua o mediante GPS). También se proporciona integración con Google Earth.
- Los informes se generan a través de una aplicación separada (VisiWave Site Survey Report) y es posible producir tablas, gráficos y cuadros detallados. Los más útiles son los gráficos de contorno de la intensidad de la señal, adicionalmente es posible ver la cobertura por punto de acceso.

Tomando en cuenta la relación costo-beneficio y las características funcionales presentadas, se seleccionó esta herramienta como idónea para realizar el estudio de sitio (Site Survey) en la oficina principal de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI.

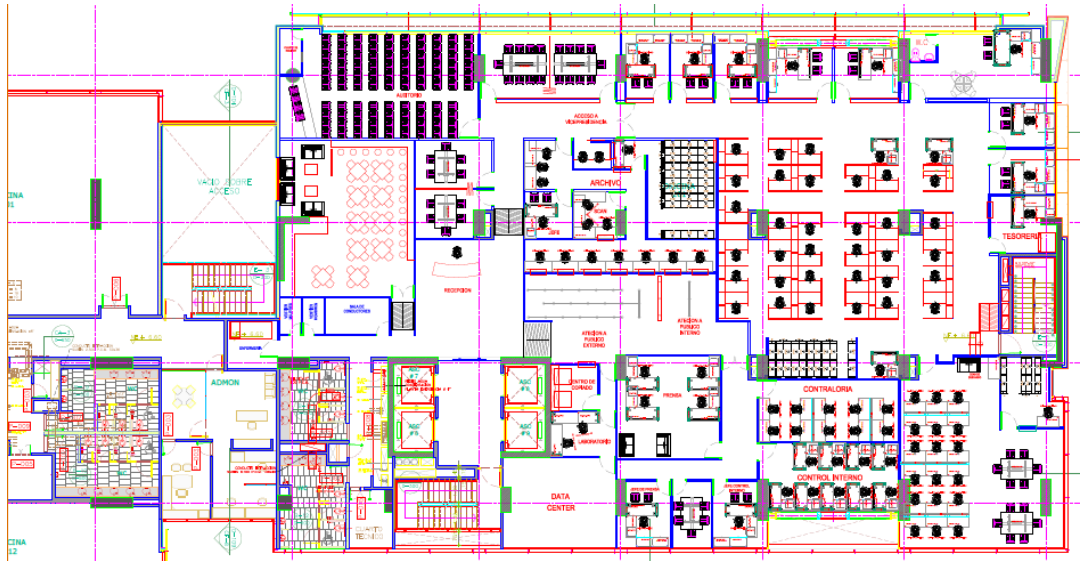
1.4.2 Pasos para realizar un Site Survey

Se presentan a continuación, los pasos que se siguieron y que, se recomienda ejecutar, para el estudio de sitio.

1. Obtener un plano de la instalación física para identificar los posibles obstáculos de radiofrecuencia (RF).
2. Inspeccionar visualmente la instalación para buscar posibles barreras o la propagación de señales de RF e identificar los bastidores de metal.
3. Identificar las áreas de usuarios que son muy utilizadas y las que no se utilizan.
4. Determinar las ubicaciones preliminares de los puntos de acceso (AP). Estas locaciones se deben analizar mediante un software especializado.
5. Realizar el levantamiento real de infraestructura para verificar la ubicación del AP. Asegurarse de utilizar el mismo modelo AP para la encuesta que se utiliza en producción. Mientras se realiza la encuesta, realizar un planning Survey para simular la ubicación adecuada del AP.
6. Documentar los hallazgos. Registrar las ubicaciones y mapas de calor.

Planos oficina principal ANI. La ANI suministró los planos actuales de la oficina principal sede Bogotá para realizar el Site Survey de forma adecuada.

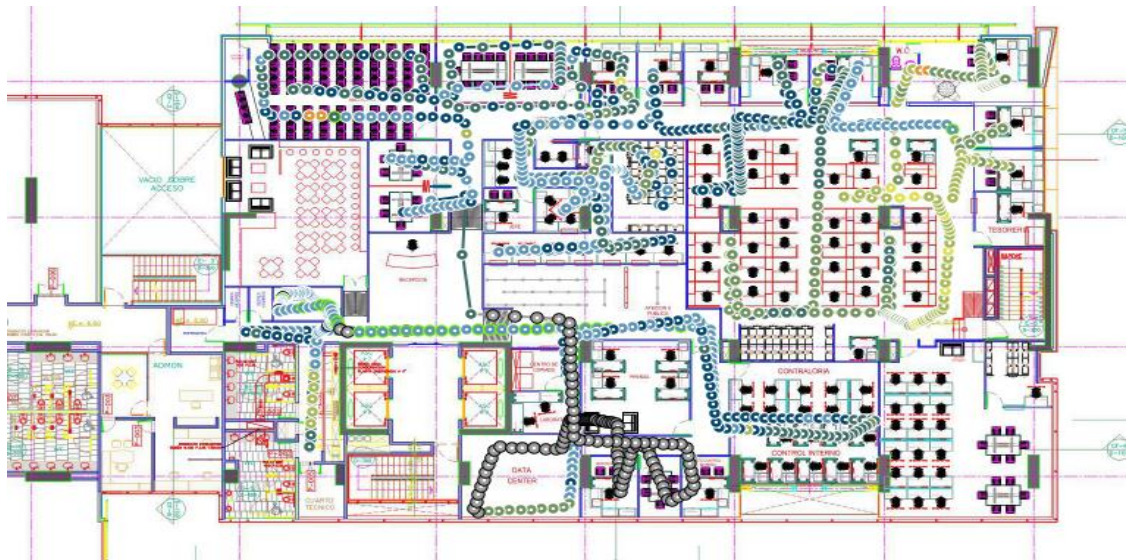
Figura 8. Plano oficina principal de la ANI



Fuente: Agencia Nacional de Infraestructura -ANI. Planos arquitectónicos de la oficina principal sede Bogotá

Recorrido realizado. A continuación, se describe mediante puntos el recorrido realizado en la oficina, por medio de este recorrido se captó la irradiación de la red WLAN en las diferentes zonas de la oficina, y se verificó visualmente el entorno.

Figura 9. Recorrido Site Survey



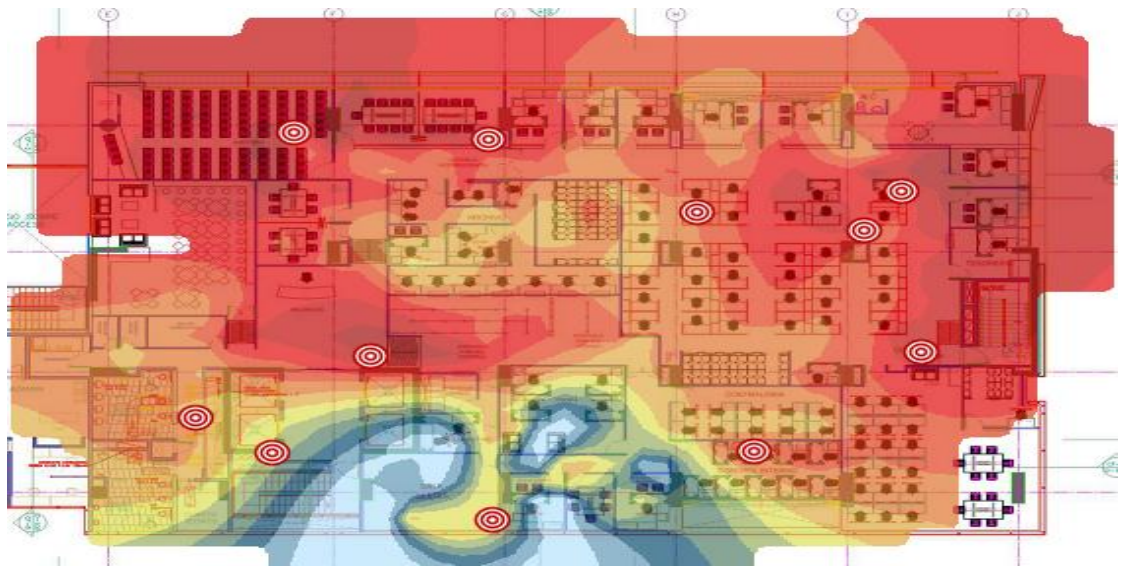
Fuente tomado de: Recorrido herramienta Visiwave

Durante el recorrido se ingresó a cada una de las áreas de la oficina, identificando fuentes de interferencia que afectarían la irradiación del WiFi en las bandas de 2.4 y 5 GHz, adicionalmente se identificaron zonas sin cobertura las cuales se relacionan en el análisis de resultados; estas zonas se ven afectadas por obstrucción de columnas e infraestructura física.


1.5 ESTADO ACTUAL DE LA COBERTURA WI-FI

Una vez realizado el estudio de sitio se identificaron varios inconvenientes en la red WLAN de la Agencia Nacional de Infraestructura sede Bogotá oficina principal; en la figura 8 se relaciona el mapa de calor obtenido como resultado del Site Survey.

Figura 10 Mapa de calor Oficina ANI



Fuente tomado de: Mapas de calor herramienta Visi wave

Se identifican unos puntos marcados con el símbolo  lo cual representa la irradiación de un AP dentro de la zona, estos Access Point pueden ser de otros pisos, por tal motivo irradiarían una señal débil, evidenciando zonas sin cobertura.

2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL SITE SURVEY

2.1 NECESIDADES DE LOS USUARIOS

Los usuarios que hacen uso de la red WLAN requieren tener una conexión estable con el fin de editar documentos compartidos en línea, adicionalmente tienen video conferencias en las salas de reuniones las cuales solo prestan servicio de conexión WiFi, por tal motivo es necesario garantizar una conexión estable.

2.1.1 Descripción cualitativa de las necesidades de los usuarios

Al hacer uso de la red WLAN de la oficina principal de la ANI, los usuarios manifiestan inconvenientes relacionados con la lentitud e intermitencia de la red. Con respecto a la lentitud, esta puede deberse a diferentes factores, entre los cuales, los más probables se relacionan con la distancia al router y posibles interferencias. En este sentido, entre más lejos se halla un terminal WLAN del router Wi-Fi, más débil es la señal y más lenta e inestable será la conexión a Internet; aquí es necesario considerar, adicionalmente, los obstáculos que haya en el camino, especialmente el metal y las paredes de concreto, en el caso de la oficina principal sede Bogotá de la ANI. Con respecto a la intermitencia de la señal, esta puede deberse principalmente a problemas en la calidad de los AP o los terminales WLAN con que cuenta la entidad.

De todas formas, habría que descartar otras posibles causas relacionadas con la lentitud e intermitencia de la red, relacionadas con el uso del ancho de banda por parte de algún usuario o aplicación particular, por ejemplo.

2.1.2 Descripción cuantitativa de las necesidades de los usuarios

La Mesa de ayuda de la Agencia Nacional de Infraestructura -ANI manifiesta que diariamente se reciben en promedio 15 casos por inconvenientes relacionados con la red WLAN y, que, del 100% de los casos reportados en mesa de ayuda en un mes, el 80% corresponden a problemas relacionados con el WiFi. Este no es un asunto menor, considerando que el número de equipos fijos que acceden a la red a través de WiFi es alto en comparación con los equipos actualmente conectados de forma cableada.

En situaciones como esta, vuelve a ser determinante la calidad de los AP, tomando en cuenta que la obsolescencia tecnológica puede afectar de forma drástica el performance de los equipos conectados a la WLAN, haciendo que no todos los terminales se puedan conectar al mismo tiempo e incrementando así, el número de requerimientos para solucionar el inconveniente.

2.2 RESULTADO DEL SITE SURVEY

2.2.1 Análisis de la cobertura actual en la red WLAN ANI

A fin de comprender la cobertura actual de la red WLAN de la ANI, resulta conveniente aclarar en este punto que, para determinar la intensidad de una señal inalámbrica se utilizan mapas de calor que identifican, mediante colores, las diferencias en esta intensidad, así: Rojo (más fuerte), amarillo (intensidad baja) y Azul (más débil). El histograma de la Figura 11 proporciona una interpretación visual de la intensidad de la señal actual.

Figura 11. Referencia de intensidad de señal Visiwave

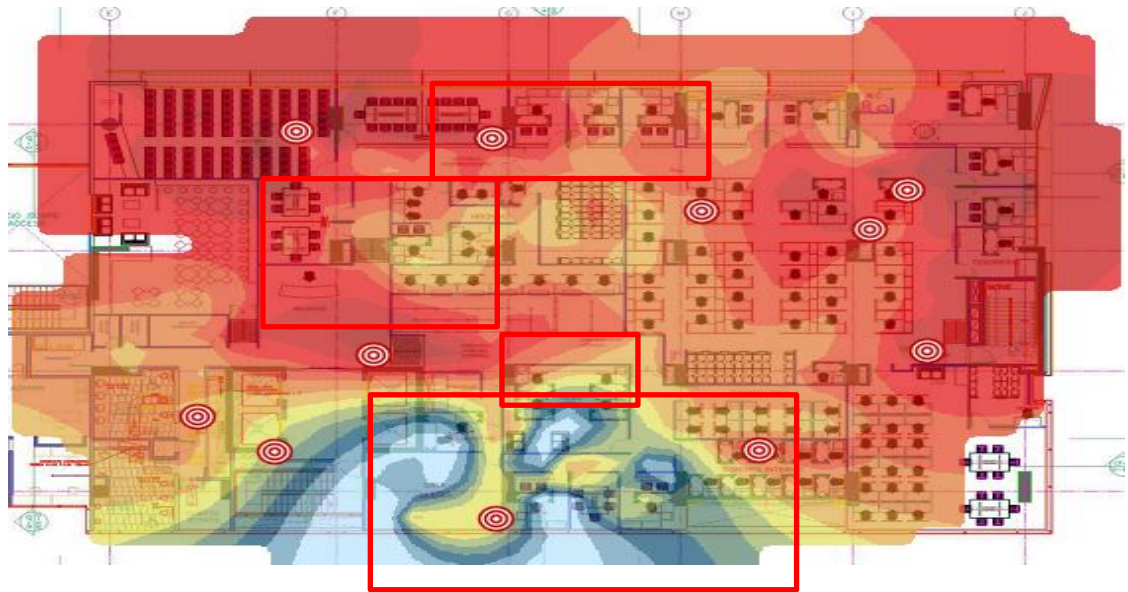


Fuente: Elaboración propia

La intensidad se muestra en dBm y el rango establecido en la herramienta Visiewave es Rango: 0 a 100% o -80 a -60 dBm.

En las marcas de auditoría de la Figura 12 se relacionan las zonas con carencia de cobertura, lo cual se evidenció tras el estudio de sitio realizado, indicando problemas de posicionamiento de los AP, los cuales se encuentran ubicados entre columnas que interfieren con su correcta irradiación.

Figura 12 Falencias de cobertura



Fuente tomado de: Mapas de calor herramienta Visi Wave

2.2.2 Fuentes de interferencia

Se encontraron varias fuentes de interferencia que pueden afectar la transferencia de datos de la red Wi-Fi; las fuentes de interferencia son:

- Hornos microondas: Se identificaron varios hornos microondas los cuales se ubican junto al auditorio. Los hornos tienen una frecuencia de microondas en 2,45 GHz, cercana a la frecuencia de 2.4 GHz en que irradian los AP con que cuenta la ANI. El hecho de que estén tan cerca en el espectro radioeléctrico podría dar lugar a interferencias con la red Wi-Fi.
- Teléfonos inalámbricos que funcionan en la banda de 2.4 GHz, lo cual interfiere con la irradiación de la red WLAN que funciona en 2.4 GHz.

2.2.3 Obsolescencia tecnológica

Se encontraron Access Point modelo 1600 series, los cuales se encuentran en fin de vida útil según la documentación oficial de cisco “End-of-Sale and End-of-Life Announcement for the Cisco Aironet 1600 Series”¹⁸. En la actualidad se cuenta con Access Point que funcionan con Wi-Fi 6, los cuales mejorarían notablemente la red, debido a que Wi-Fi 6 es un nuevo estándar inalámbrico, también llamado 802.11ax, que está preparado para hacer grandes mejoras en la conectividad de red y en la experiencia del usuario.

¹⁸ <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1600-series/eos-eol-notice-c51-737506.html>

2.3 RECOMENDACIONES DE INGENIERÍA PARA MEJORAR LA RED ACTUAL

A partir de los hallazgos y teniendo en cuenta la infraestructura física del edificio, para lograr una mayor cobertura de la señal Wi-Fi en la oficina de la ANI sede Bogotá, es necesario, en primer lugar, reubicar los Access Point con el fin de tener una mejor irradiación.

Es no sólo conveniente sino necesario, reubicar los hornos microondas en una zona que no interfiera con las reuniones importantes de la entidad, debido a que, como se ha dicho, las ondas emitidas por los AP de la Entidad operan en la frecuencia de 2.4 GHz y los hornos tienen una frecuencia de microondas en 2.45 GHz.

El uso de teléfonos inalámbricos que hacen uso de la banda de 2.4 GHz resulta altamente inconveniente para la red WLAN de la ANI, puesto que causan una interferencia co-canal a la señal WiFi de la Entidad. Se recomienda su reemplazo inmediato por otro tipo de terminales, preferiblemente que no operen tampoco en la banda de 5 GHz, puesto que, aunque actualmente no se tienen AP que irradien en esa banda de frecuencias, limitarían futuras ampliaciones de cobertura de la red WLAN.

Se recomienda la actualización inmediata de los Access Point modelo 1600 series de Cisco por unos con tecnología Wi-Fi 6, entre otros, por los siguientes aspectos:

- Compatibilidad con protocolos anteriores. Los terminales actuales de la red WLAN de la ANI se podrán conectar a los nuevos AP Wi-Fi 6 siempre y cuando acepten el protocolo.
- Mejora en la velocidad de datos, pasando de 433 Mbps en el estándar 802.11 ac a 600 Mbps en Wi-Fi 6.

- Incremento en la velocidad de datos máxima teórica usando 8 streams (160 MHz), pasando de 7Gbps en Wi-Fi 5 a 10 Gbps.
- Incremento en el rendimiento promedio por usuario, gracias a la modulación 1024-QAM, que permite que en un determinado ancho de banda se pueda enviar más cantidad de información por símbolo que con los protocolos Wi-Fi anteriores. Esto es especialmente útil en escenarios de alta densidad de conexiones a una red WiFi, como es el caso de la ANI.
- Mejora en la seguridad. Wi-Fi está preparada para usar WPA3.
- Incremento significativo en la eficiencia y mantenimiento de conexiones, incluso en escenarios de alta congestión de red.
- Wi-Fi 6 puede operar tanto en la banda de 2.4 GHz como en la de 5 GHz.
- Incremento en la cantidad de datos que se puede enviar y recibir de forma simultánea y mejora en la latencia, gracias a la tecnología OFDMA.
- Ahorro de energía y, por ende, de costos, gracias a la tecnología Target Wake Time (TWT) que permite establecer una negociación para fijar de antemano tiempos específicos para que los terminales puedan acceder al canal de comunicación, así, los dispositivos pueden mantenerse en stand by hasta que llegue su momento para interactuar con la red.

3 PLANNING SURVEY PARA OPTIMIZAR LA POSICIÓN DE LOS ACCESS POINT Y MEJORAR LA COBERTURA DE LA WLAN EN LA SEDE PRINCIPAL DE LA AGENCIA NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA -ANI

Además de los estudios basados en mediciones reales en el sitio, existen softwares que coadyuvan en la planificación de redes inalámbricas; Jwaves es uno de estos softwares, el cual se puede utilizar para planificar WLAN que aún no se han implementado. Este tipo de estudio se denomina "predictivo" o "virtual" porque las características de Wi-Fi se predicen para el modelo de entorno virtual creado por el usuario. El proceso de creación y ajuste del entorno virtual, la selección y ubicación de AP simulados y el análisis de la WLAN resultante se denomina comúnmente "planificación de RF".

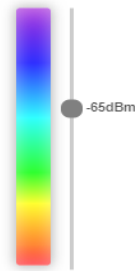
Para crear un modelo virtual del entorno, el usuario debe "informar" a la aplicación sobre la posición, el tamaño y el tipo de los objetos físicos que afectan la propagación de las ondas de radio.

En el presente capítulo se realiza la simulación por el software Jwaves teniendo en cuenta las zonas con poca cobertura identificadas por medio del site survey realizado en la oficina principal de la ANI.

3.1 INTENSIDAD DE SEÑAL SELECCIONADA PARA LA SIMULACIÓN

Los mapas de calor se diseñaron para que como mínimo se tenga una cobertura con -65dBm, como se indica en la Figura 11:

Figura 13. Cobertura simulada



Fuente: Elaboración propia

Las zonas más cálidas indicarán una mejor señal de cobertura, brindando así en la mayoría de las zonas como mínimo -65dBm.

3.2 SIMULACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA FÍSICA

Se tiene en cuenta los materiales que componen la estructura física de la oficina para realizar la simulación. El software cuenta con los diferentes materiales para simular de forma adecuada el plano. En la Figura 12 se relacionan los materiales disponibles para la simulación

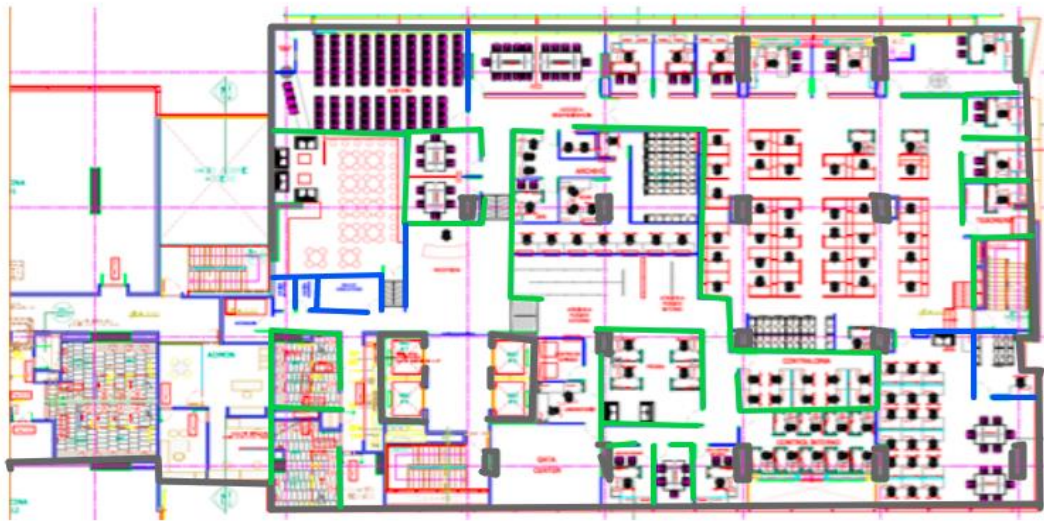
Figura 14. Materiales disponibles para la simulación



Fuente: Elaboración propia

Cada material se subraya sobre el plano real de la ANI como se evidencia en la Figura 15.

Figura 15. Materiales Simulados



Fuente tomado de: Planning herramienta Jwaves

3.3 SIMULACIÓN DE LOS AP

Para lograr una simulación acertada se identificaron los niveles de Power Tx de los Access Point Cisco Ironet 1600, los cuales, según el datasheet oficial de Cisco, son de 20 dBm de potencia¹⁹. En la herramienta Jwaves se configuraron los parámetros de irradiación indicados por el fabricante, como se evidencia en la Figura 14:

¹⁹ https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1600-series/data_sheet_c78-715702.html

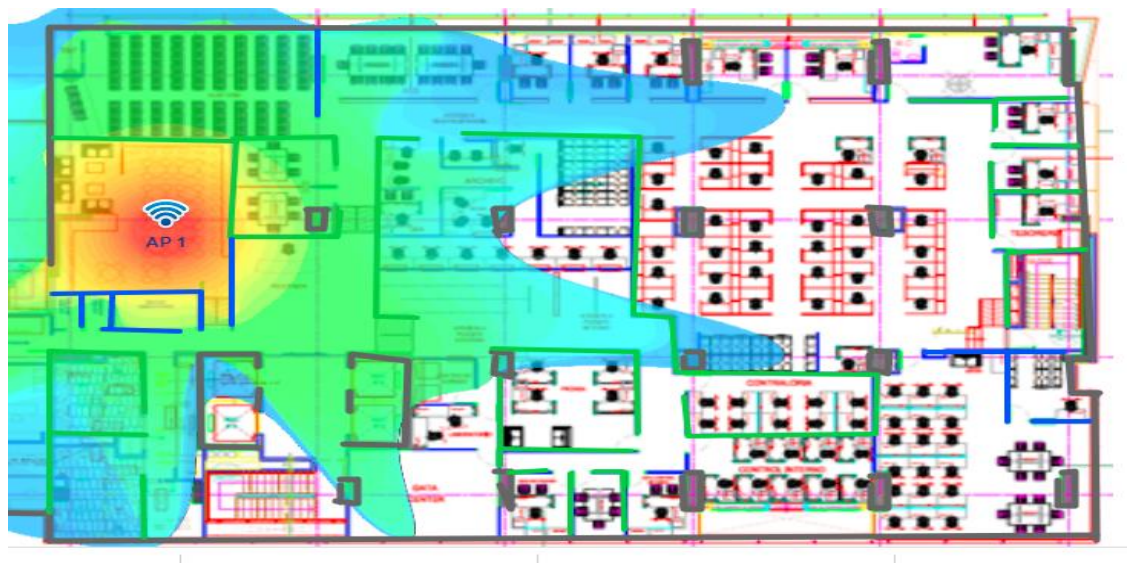
Figura 16. Configuración AP Simulado



Fuente: Software Jwaves

Una vez parametrizada la potencia de irradiación de los Access Point simulados Se procede a identificar su mejor posición en la oficina para que su zona de irradiación sea adecuada como se evidencia en la Figura 17.

Figura 17. Ubicación de los AP en el plano

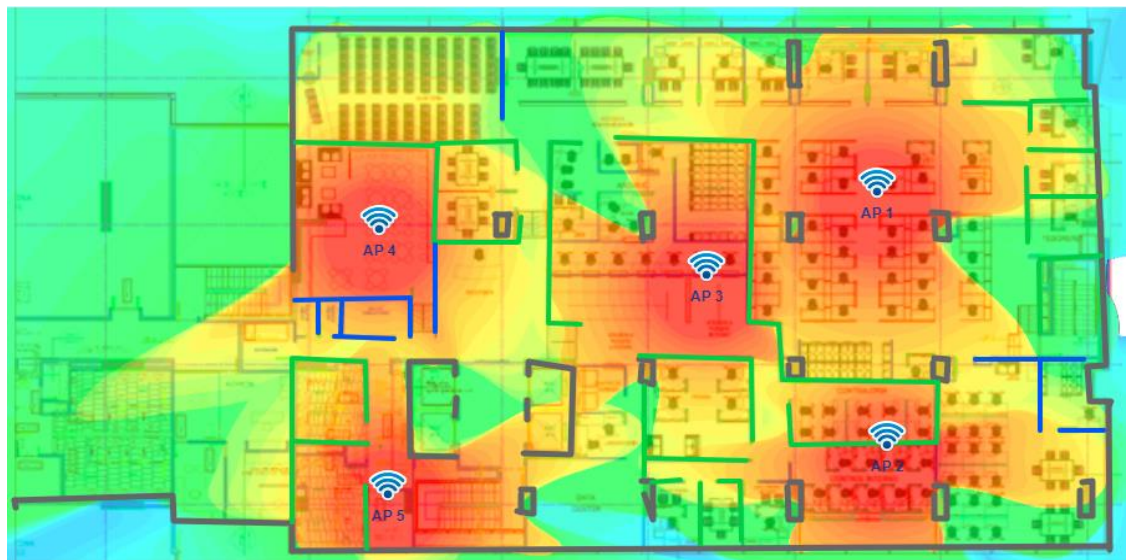


Fuente: Software Jwaves

3.4 PLANNING SURVEY

La finalidad del Planning Survey es simular una red WLAN óptima que contemple todas las zonas con carencia de cobertura identificadas mediante el Site Survey, Una vez resaltados los materiales de la infraestructura física sobre el plano, se procedió a identificar, mediante la simulación, la mejor posición de los AP para que cubran de forma adecuada lo oficina y ofrezcan una irradiación eficiente como se evidencia en el resultado final del Planning Survey relacionado en la Figura 18.

Figura 18. Simulación Planning Survey



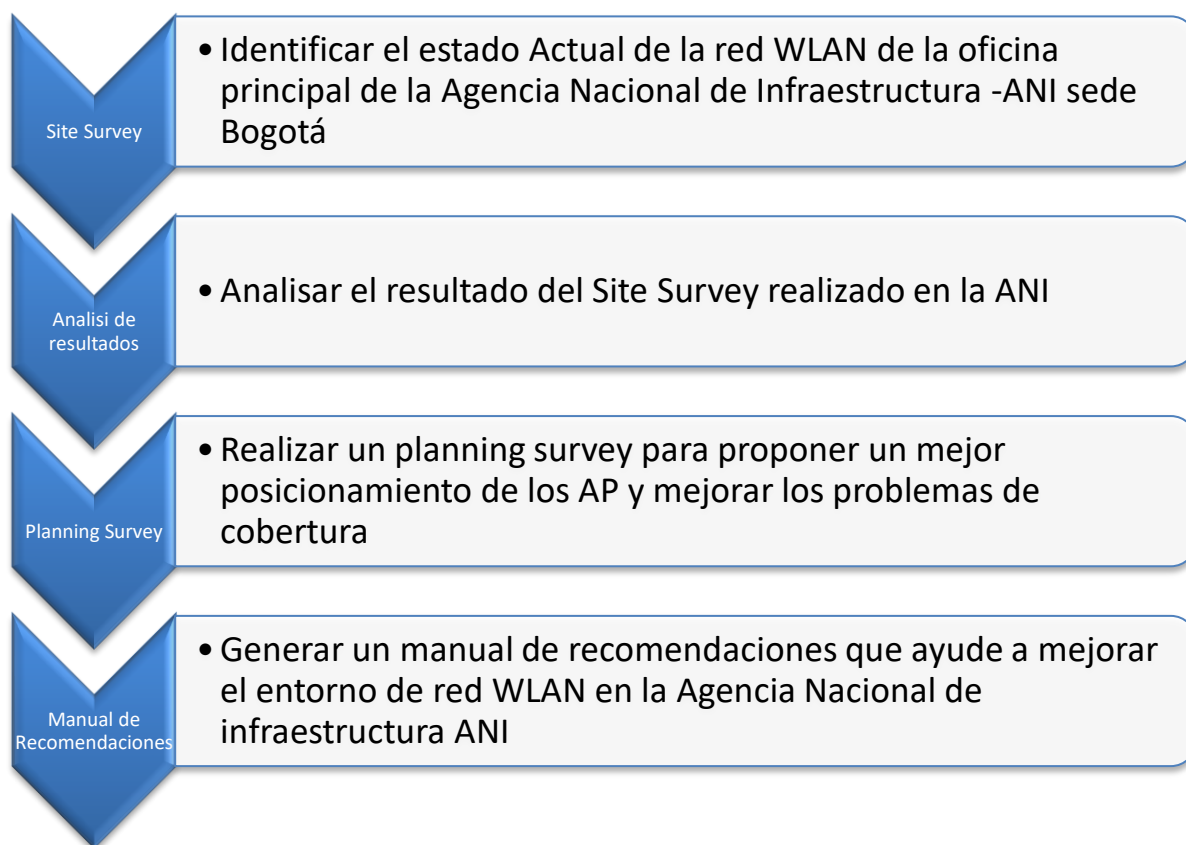
Fuente tomado de: Planning Survey herramienta Jwaves

En el resultado final del Planning Survey se evidencia que al reubicar los Access Point actuales se puede lograr una cobertura de red Wi-Fi adecuada evitando los problemas encontrados. Para llegar a esta conclusión se evaluaron diferentes ubicaciones de los AP buscando su mejor posicionamiento para lograr una red con cobertura eficiente, teniendo en cuenta factores físicos como las columnas del edificio, los materiales de construcción y los muros internos.

4 DOCUMENTACIÓN DEL PROCESO DE OPTIMIZACIÓN Y MEJORA DE LA RED WLAN DE LA ANI

En la oficina principal de la Agencia Nacional de Infraestructura ANI el personal que hace uso de la red WLAN manifestó que sufre de constantes desconexiones e intermitencias. En la fase de planeación del presente proyecto se planteó la ejecución de las actividades de acuerdo con el proceso relacionado en la Figura 19.

Figura 19 Proceso de optimización y mejora de la red WLAN ANI



Fuente: Elaborado por el autor

Para poder identificar el estado actual de la red se realizó un Site Survey donde se evidenciaron zonas de la oficina que no cuentan con buena cobertura de señal.

Para lograr una mejor irradiación de la señal Wi-Fi en la oficina es necesario realizar un movimiento de los Acces Point con el fin de tener una mejor cobertura debido a que las columnas afectan la irradiación de los AP en la posición actual.

Con el fin de lograr una ubicación adecuada de los Access Point se realizó la simulación de la red Wi-Fi mediante el software Jwaves, tomando en cuenta, entre otros, la infraestructura física y la potencia de los Access Point actuales buscando, en todo caso, la mejor ubicación de los puntos de acceso.

Como resultado la simulación, se confirmó que se puede mejorar la cobertura de la red WLAN con el cambio de ubicación de los AP. La reubicación de los puntos de acceso se debe hacer de acuerdo con el Planning Survey realizado.

Adicionalmente, se encontraron varios hornos microondas, ubicados junto al auditorio, que es necesario trasladar hacia una zona en la que no causen interferencia con las reuniones importantes de la entidad, debido a que las ondas emitidas por los AP están en la frecuencia de 2.4 GHz y los hornos tienen una frecuencia de microondas en 2.45 GHz. El hecho de que estén tan cerca en el espectro radioeléctrico podría dar lugar a interferencias con la red Wi-Fi.

También se encontraron teléfonos que funcionan en la frecuencia de 2.4 GHz lo cual hace que interfieran con la irradiación de la red WLAN que funciona en 2.4 GHz. Se recomienda reemplazar los teléfonos que hagan uso de la banda en 2.4 GHz debido a que interfieren con la señal Wi-Fi.

Para solucionar los problemas detectados, a partir del análisis de ingeniería, se recomienda las siguientes opciones de mejora de la red WLAN, las cuales se relacionan en el *Manual de recomendaciones para mejorar la cobertura de la red WI-FI en la sede principal de la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI en la ciudad de Bogotá*, anexo a este documento.

5 RECOMENDACIONES

- En el site survey realizado en la oficina de la Agencia Nacional de Infraestructura se identificaron problemas de cobertura.
Recomendación: reubicar los AP de la oficina de acuerdo con el diagrama de distribución simulado en el Planning Survey de la Figura 17.
- Hornos microondas: Se identificaron varios hornos microondas, los cuales se ubican junto al auditorio.
Recomendación: reubicar los hornos en una zona que no interfiera con las reuniones importantes de la entidad.
- Se encontraron teléfonos inalámbricos que funciona en la banda de 2.4 GHz, lo cual puede causar interferencia con la irradiación de la red WLAN que funciona en 2.4 GHz.
Recomendación: Reemplazar los teléfonos que hagan uso de la banda en 2.4 GHz debido a que interfieren con la señal Wifi.
- Se encontraron AP modelo 1600 series, los cuales se encuentran al final de vida útil según la documentación oficial de cisco “nd-of-Sale and End-of-Life Announcement for the Cisco Aironet 1600 Series”²⁰
Recomendación: En la actualidad se cuenta con Access Point que funcionan con Wi-Fi 6 los cuales mejorarían notablemente la red.

²⁰ <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1600-series/eos-eol-notice-c51-737506.html>

6 CONCLUSIONES

- La red WLAN de la Agencia Nacional de Infraestructura oficina principal sede Bogotá actualmente presenta inconvenientes de cobertura, interferencias y obsolescencia tecnológica de acuerdo con el resultado obtenido en el Site Survey realizado para identificar el estado actual de la red Wi-Fi.
- Al realizar el análisis de los problemas identificados en la red WLAN de la ANI se puede concluir que la planificación es esencial antes de desplegar una red Wi-Fi, en gran parte los problemas de cobertura se deben a un mal posicionamiento de los Access Point en la oficina de la ANI sede Bogotá.
- Analizando el Planning Survey se pudo identificar el posicionamiento óptimo de los Access Point actuales para lograr una mejor cobertura del Wi-Fi en la ANI. Siguiendo las sugerencias del planning se solucionarían los problemas de cobertura
- Los dispositivos electrónicos que emitan ondas en frecuencias de cercanas a la frecuencia de 2.4 GHz pueden afectar la irradiación de la red WLAN ocasionando interferencias.
- Si la ANI atiende las recomendaciones plasmadas en el manual anexo *Manual de recomendaciones para mejorar la cobertura de la red WI-FI en la sede principal de la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI en la ciudad de Bogotá*, logrará un entorno de red WLAN más eficiente y disminuirá significativamente el número de casos asociados a problemas de WiFi en la mesa de ayuda de la entidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Cisco "EoL": Documento técnico {en línea}. { 9 de oct de 2020} Disponible en: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1600-series/eos-eol-notice-c51-737506.html>
- Cisco "Wireless-Mobility" :Documento técnico {en línea}. { 9 de oct de 2020} Disponible en: <https://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/wireless-mobility/wireless-lan-wlan/27147-multipath.html>
- CNN "El acceso a internet un derecho humano según la onu". Noticia {en línea} {9 de junio de 2011} Disponible en: <https://cnnespanol.cnn.com/2011/06/09/el-acceso-a-internet-un-derecho-humano-segun-la-onu/>
- Entelsec "Interferencia red Wi-Fi" :Documento técnico {en línea}. { 6 de unio de 2021} Disponible en: <http://entelsec.blogspot.com/2012/07/interferencia-red-Wi-Fi-inssider.html>
- Meraki Cisco "Wi-Fi basic and best practices" :Documento técnico {en línea}. { 9 de oct de 2020} Disponible en: https://documentation.meraki.com/MR/Wi-Fi_Basics_and_Best_Practices
- **Tomasi, W. 2003.** *Sistemas de comunicaciones electronicas*. Mexico : Pearson Educacion, 2003.