

Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN DE POSGRADO



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA**

Trabajo de Titulación como requisito previo para la obtención del título de
Magíster en Tecnologías de Información mención Gestión y
Administración de TI

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA
MIGRACIÓN A WIFI 6 DE LA RED INALÁMBRICA DE LA CORTE
NACIONAL DE JUSTICIA**

Autor: Luis Antonio Mullo Sarzosa

Director: Juan Francisco Chafla PHD

Quito, enero 2025

AGRADECIMIENTO

A Dios sobre todas las cosas, a mi Niñito de Isinche, por darme fé y la fuerza espiritual que necesitaba, a mi familia, quienes, de manera incondicional, me han brindado su apoyo y aliento para la culminación de esta fase académica.

A la Corte Nacional de Justicia, Unidad de Tecnologías de la Información y Comunicación, representada por el Ing. Damián Rosero, quien brindó toda su colaboración para la ejecución del presente proyecto.

En especial gratitud al PHD. Juan Francisco Chafra, Director de Tesis, por haberme guiado en la realización de este proyecto, ofreciéndome su conocimiento, orientación, ayuda y sobre todo su paciencia y tiempo.

Gracias a todos.

DEDICATORIA

A mi ángel máspreciado, mi madre Fabiola Mercedes, que acudió al llamado del Padre Celestial, y desde el cielo me bendice y protege; a mis hermanos, sobrina quienes representan para mí, la razón de vivir y son ejemplo de superación.

(Luis Antonio)

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	11
ABSTRACT.....	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1 Formulación del problema	14
1.2 Objetivos de la Investigación	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
1.3 Justificación de la Investigación.	15
CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	17
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	17
2.2. Bases Teóricas.....	19
2.2.1. Redes inalámbricas	19
2.2.2. WLAN (Red de Área Local Inalámbrica).....	19
2.2.3. IEEE.....	19
2.2.4. Estándares	20
2.2.5 Impacto de IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)	21
2.2.6 Wi-Fi Alliance.....	22
2.2.7 Wi-Fi Bandas de Frecuencias utilizadas	23
2.3. Norma 802.11ax (Wi-Fi 6).....	24
2.3.1 Ventajas.....	26
2.3.2 OFDMA y MU-MIMO: Impacto Conjunto en la CNJ	27
2.3.3 Funcionamiento Desempeño 802.11ax.	28
2.3.4 Formato de trama WLAN 802.11ax.....	29
2.3.5 Capa física (PHY) WLAN 802.11ax	30
2.3.6 Arquitectura estándar 802.11ax	31
2.3.7 Mejoras de la arquitectura 802.11ax	32
2.3.8 Implementación de la arquitectura 802.11ax	32
2.3.9 Aplicaciones arquitectura 802.11ax.....	33
2.4 Estándar 802.11ax Vs Estándar 802.11ac y Estándar 802.11n.	33
2.4.1 Estándar 802.11ac.	33

2.4.2 Diferencias entre los estándares 802.11ax, 802.11ac y 802.11n.....	34
CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	36
3.1. Situación actual de la red Wi-Fi.....	36
3.2 Equipo Actual con el que opera la red Wi-Fi en el CNJ.....	38
3.2. Esquema de Red Wifi de la Corte Nacional de Justicia.....	39
3.3. Estudio de cobertura de los Access Point instalados en el edificio de la CNJ, en los planos 41	
3.4. Análisis de Frecuencias de transmisión de las Redes Inalámbrica de la CNJ.....	46
3.4.1 Frecuencia, Planta Baja.....	48
3.4.2 Frecuencia, Mezzanine.....	48
3.4.3 Frecuencia, Primer Piso	49
3.4.4 Frecuencia, Segundo Piso.	49
3.4.5 Frecuencia, Tercer Piso.....	49
3.4.6 Frecuencia, Cuarto Piso.	50
3.4.7 Frecuencia, Quinto Piso.	50
3.4.8 Frecuencia, Sexto Piso.	51
3.4.9 Frecuencia, Séptimo Piso.....	51
3.4.10 Frecuencia, Octavo Piso.....	51
3.5 Problemas encontrados en el Análisis de Frecuencia de la Red Wi-Fi de la CNJ.	52
3.6 Propuesta de mejora a la situación actual.	53
3.7 Ubicación de los puntos de acceso en el edificio principal.....	53
3.8 Mapas de calor de cada piso.....	53
3.8.1 Mapa calor, planta baja.	53
3.8.2 Mapa calor, mezzanine.	54
3.8.3 Mapa calor, primer piso.	55
3.8.4 Mapa calor, segundo piso.....	55
3.8.5 Mapa calor, tercer piso.....	56
3.8.6 Mapa calor, cuarto piso.....	56
3.8.7 Mapa calor, quinto piso.....	57
3.8.8 Mapa calor, sexto piso	57
3.8.9 Mapa calor, séptimo piso.	58
3.8.10 Mapa calor, octavo piso.	58
3.9 Mejora a la situación actual, con base a los mapas de calor.....	59
CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA PROPUESTA TÉCNICO ECONOMICO PARA LA MIGRACION A WIFI 6.....	63
4.1 Metodología y fases de trabajo	63
4.2 Evaluación y análisis detallado	63
4.3 Propuesta para el diseño de la nueva red	63

4.3.1	Presentación del plan y análisis de resultados mediante simulación	64
4.4	Análisis comparativo de tecnologías utilizables para el diseño de la red WLAN	64
4.4.1	Juniper Networks.	65
4.4.2	HPE (Aruba).	66
4.4.3	Cisco.	67
4.5	Análisis técnico de los equipos propuestos Cisco C9800-L-F-K9 y Cisco C9130AXI-A..	69
4.5.1	Cisco C9800-L-F-K9	69
4.5.2	Cisco C9130AXI-A.....	74
4.5.3	Solución Integral: Cisco C9800-LF-K9 y Cisco C9130AXI-A	81
4.5.4.	Análisis financiero para la implementación.....	82
4.5.5	Elección de Equipos y Características de la Solución Propuesta.....	86
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		90
CONCLUSIONES.		90
RECOMENDACIONES.....		91
REFERENCIAS		92
ANEXOS.....		94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales características de las frecuencias	23
Tabla 2 Detalle de IEEE 802.11Ax, Wi-Fi 6	25
Tabla 3. Diferencias entre 802.11ax, 802.11ac y 802.11n.....	35
Tabla 4. Equipos la red Wi-Fi de la CNJ	37
Tabla 5. Comparación equipos actuales vs propuestos.....	39
Tabla 6. Comparación Access Point Marca Juniper	66
Tabla 7. Comparación Access Point Marca HPE	67
Tabla 8. Comparación Access Point Marca Cisco	67
Tabla 9. Similitudes y diferencias empresas de los Cuadrantes Mágicos de Gartner.....	68
Tabla 10. . Características Técnicas Cisco C9800-LF-K9	70
Tabla 11. Características Técnicas Cisco C9130AXI-A.....	75
Tabla 12. Costo de cobertura inalámbrica con tecnología 802.11.ax al edificio del CNJ.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Figura. Red de Área Local Inalámbrica (WLAN)	19
2 Figura. Estándares Wi-Fi	22
3 Figura. Frecuencia 2.4GHz	24
4 Figura. Bondades Estándar 802.11 ax.....	28
5 Figura. Formato de trama WLAN 802.11ax	29
6 Figura. Elementos que componen WLAN 802.11ax	32
7 Figura. AP Cisco Aironet Serie 3600. CNJ	38
8 Figura. Esquema Wi-Fi actual CNJ	40
9Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ planta baja	41
10 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ mezanine	41
11 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ primer piso	42
12 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ segundo piso.....	43
13 Figura. Ubicación de AP en Edificio CNJ tercer piso	43
14 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ cuarto piso	44
15 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ quinto piso.....	44
16 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ sexto piso.....	45
17 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ séptimo piso	45
18 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ octavo piso	46
19 Figura. AP Planta Baja – CNJ.....	48
20 Figura. AP Mezzanine – CNJ	48
21 Figura. AP Primer Piso – CNJ	49
22 Figura. AP Segundo Piso – CNJ	49
23 Figura. AP Tercer Piso – CNJ.....	50
24 Figura. AP Cuarto Piso – CNJ	50
25 Figura. AP Quinto Piso Baja – CNJ.....	50
26 Figura. AP Planta Baja – CNJ.....	51
27 Figura. AP Séptimo Piso – CNJ.....	51
28 Figura. AP Octavo Piso – CNJ.....	52
29 Figura. Mapa calor de equipos ubicados planta baja – CNJ, Airmagnet Planner	54
30 Figura. Mapa calor de equipos ubicados mezzanine – CNJ, Airmagnet Planner	54
31 Figura. Mapa Calor de equipos ubicados primer piso – CNJ, Airmagnet Planner	55
32 Figura. Mapa Calor de equipos ubicados segundo piso – CNJ, Airmagnet Planner.....	55
33 Figura. Mapa Calor de equipos ubicados tercer piso – CNJ, Airmagnet Planner.....	56
34 Figura. Mapa calor de equipos ubicados cuarto piso – CNJ, Airmagnet Planner.....	56

35 Figura. Mapa calor de equipos ubicados quinto piso – CNJ, Airmagnet Planner.....	57
36 Figura. Mapa calor de equipos ubicados sexto piso – CNJ, Airmagnet Planner	57
37 Figura. Mapa calor de equipos ubicados séptimo piso – CNJ, Airmagnet Planner	58
38 Figura. Mapa calor de equipos ubicados octavo piso – CNJ, Airmagnet Planner	59
39 Figura. Cuadrante Mágico de Gartner 2024 para infraestructura LAN empresarial cableada e inalámbrica.....	65

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN TECNOLÓGICAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA MIGRACIÓN A
WIFI 6 DE LA RED INALÁMBRICA DE LA CORTE NACIONAL DE JUSTICIA**

Autor: Luis Antonio Mullo Sarzosa
Director -Tutor: Juan Francisco Chafra
Fecha: 6 enero del 2025

RESUMEN

La tecnología ha ocasionado un cambio radical en la sociedad, convirtiendo las telecomunicaciones y la electrónica en elementos clave para el avance en diversas áreas como la economía, la educación y la producción. En este sentido, las redes inalámbricas juegan un papel crucial al permitir la conectividad global y facilitando el acceso a la información y a la comunicación en tiempo real.

Este análisis evalúa la viabilidad técnica y económica de la transición a Wi-Fi 6 en la Corte Nacional de Justicia, con el fin de mejorar su infraestructura y garantizar una conectividad eficiente y segura. Para ello, se llevó a cabo un diagnóstico exhaustivo de la red existente, identificando las principales limitaciones y las áreas que requieren mejoras.

La propuesta presentada incluye la adopción de tecnologías avanzadas como OFDMA y MU-MIMO, que optimizan el uso del espectro y mejoran el rendimiento en ambientes con alta densidad de usuarios. También se realizó una comparación con tecnologías anteriores, como Wi-Fi 4 y Wi-Fi 5, destacando sus ventajas en términos de velocidad, latencia, estabilidad y eficiencia energética.

Los resultados obtenidos muestran que la implementación de equipos Wi-Fi 6 es una solución eficiente, que brinda mayor estabilidad, reduce la latencia y mejora el rendimiento general de la red. La modernización de la infraestructura proporcionará una experiencia de usuario superior, optimizando el uso de los recursos tecnológicos y asegurando un servicio de alta calidad para los usuarios de la Corte Nacional de Justicia.

Palabras clave: TECNOLOGÍA, WIFI 6, RED INALÁMBRICA, OPTIMIZACIÓN DE RED.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRIA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN MENCIÓN GESTIÓN
Y ADMINISTRACIÓN DE TI

TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY STUDY FOR THE MIGRATION TO
WIFI 6 OF THE NATIONAL COURT OF JUSTICE'S WIRELESS NETWORK

Autor: Luis Antonio Mullo Sarzosa

Director -Tutor: Juan Francisco Chafla

Fecha: 6 enero del 2025

ABSTRACT

Technology has caused a profound shift in society, making telecommunications and electronics essential pillars for progress in various areas such as economics, education, and production. In this context, wireless networks play a crucial role in global connectivity, facilitating access to real-time information and communication.

This analysis assesses the technical and economic feasibility of transitioning to Wi-Fi 6 at the National Court of Justice, aiming to improve its infrastructure and ensure efficient and secure connectivity. To achieve this, a thorough diagnosis of the existing network was conducted, identifying key limitations and areas requiring improvement.

The proposed solution includes the adoption of advanced technologies such as OFDMA and MU-MIMO, which optimize spectrum usage and enhance performance in high-density environments. Additionally, a comparison was made with earlier technologies, such as Wi-Fi 4 and Wi-Fi 5, highlighting their advantages in terms of speed, latency, stability, and energy efficiency.

The results indicate that implementing Wi-Fi 6 equipment is an efficient solution, providing greater stability, reducing latency, and improving overall network performance. Modernizing the infrastructure will deliver superior user experience, optimizing the use of technological resources and ensuring high-quality service for the users of the National Court of Justice.

Keywords: TECHNOLOGY, WIFI 6, WIRELESS NETWORK, NETWORK OPTIMIZATION.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las redes inalámbricas se han convertido en un componente clave para el desarrollo de las infraestructuras de comunicación, permitiendo la interconexión en diversos sectores como el gubernamental, educativo y empresarial. La constante evolución de las tecnologías Wi-Fi ha sido fundamental para mejorar tanto la eficiencia como la estabilidad de estas redes, adaptándose a la creciente demanda de datos y dispositivos conectados.

La Corte Nacional de Justicia enfrenta desafíos relacionados con la conectividad debido a la obsolescencia de su red Wi-Fi, lo que impacta negativamente en la eficiencia de las tareas administrativas y los servicios públicos. La red no tiene la capacidad para gestionar un número creciente de usuarios y dispositivos, lo que resulta en altos niveles de latencia, desconexiones frecuentes y un rendimiento deficiente en la transmisión de datos.

Este trabajo de titulación tiene como objetivo evaluar la viabilidad técnica y económica de la migración de la red de la Corte Nacional de Justicia a Wi-Fi 6. Este estándar ofrece mejoras considerables en términos de velocidad, seguridad y eficiencia energética, optimizando el uso del espectro y proporcionando una mayor estabilidad en entornos con un alto volumen de conexiones.

El estudio analizará la situación actual de la red, los problemas existentes y los beneficios de adoptar Wi-Fi 6. Además, se compararán diversas opciones tecnológicas, evaluando su costo y los beneficios que aportan en relación con la infraestructura actual. También se abordarán métricas clave como la latencia, el rendimiento (throughput) y la estabilidad de la conexión para valorar el impacto que tendrá la transición a Wi-Fi 6.

Con este análisis, se busca ofrecer una justificación técnica y económica que respalde la modernización de la red Wi-Fi de la Corte Nacional de Justicia, con el fin de garantizar una solución sostenible que mejore la calidad de los servicios y optimice el rendimiento de la institución.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Formulación del problema

Las redes Wi-Fi fueron desarrolladas para ofrecer una solución de conectividad más económica en comparación con las redes cableadas tradicionales, utilizando señales de radiofrecuencia en lugar de cables físicos. Este tipo de red no solo facilita una instalación rápida y flexible, sino que también permite un acceso ágil a la información contenida dentro de la red y sus componentes. Gracias a estas características, las redes Wi-Fi han experimentado un crecimiento masivo, transformando la forma en que las personas se conectan a Internet y comparten información de manera eficiente. Su uso ha crecido tanto a nivel geográfico como en diversos sectores profesionales, permitiendo la conectividad en hogares, oficinas, entornos industriales y hasta en instalaciones de salud.

En la actualidad, las redes inalámbricas son fundamentales, no solo para el acceso a Internet en el hogar, sino también para aplicaciones empresariales, educativas y gubernamentales. Su versatilidad y capacidad de proporcionar conectividad sin la necesidad de infraestructura física pesada las ha consolidado como una tecnología esencial.

Sin embargo, la Corte Nacional de Justicia (CNJ) enfrenta desafíos relacionados con la infraestructura inalámbrica obsoleta que posee actualmente. La red Wi-Fi de la institución presenta varios problemas, como pérdida de velocidad, inestabilidad, mala cobertura, interferencias en la señal, fallos de seguridad y alta latencia, lo que impacta negativamente tanto en el desempeño de los funcionarios como en la calidad del servicio brindado a los usuarios.

Ante estos problemas, surge la necesidad de llevar a cabo una modernización integral de la red Wi-Fi. Esta actualización debería aprovechar las tecnologías más avanzadas en comunicaciones inalámbricas, como Wi-Fi 6, que no solo mejora la velocidad y la estabilidad, sino que también optimiza el uso del espectro y mejora la capacidad de manejar un mayor número de dispositivos simultáneamente.

Implementando estos cambios, se podrá mejorar la productividad del personal de la CNJ y garantizar una atención más eficiente y de mejor calidad a los usuarios que requieren los servicios de la institución.

La transición a una red Wi-Fi más moderna permitirá resolver problemas de conectividad y eficiencia, adaptándose a las crecientes demandas de usuarios y dispositivos, y posicionando a la Corte Nacional de Justicia como una entidad que abraza las nuevas tecnologías para ofrecer un servicio más confiable y de alta calidad.

1.2 Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Realizar un estudio de factibilidad técnico económico para la migración a Wifi 6 de la red inalámbrica en la Corte Nacional de Justicia.

Objetivos Específicos

- Diagnosticar un estudio de las tecnologías WLAN modernas, para ser implementadas en la Corte Nacional de Justicia.
- Analizar la situación actual de la red WLAN de la Corte Nacional de Justicia, para identificar sus limitaciones.
- Plantear una propuesta técnico-económica de una red WLAN moderna para satisfacer la necesidad de los usuarios Corte Nacional de Justicia.

1.3 Justificación de la Investigación.

Las redes inalámbricas son esenciales en la actualidad debido a su capacidad para facilitar la comunicación y el acceso a la información. A diferencia de las redes tradicionales que dependen de cables, las redes inalámbricas operan mediante ondas de radio o infrarrojas, lo que las hace accesibles a una amplia gama de personas sin importar su estatus social, además de permitir la conexión de diversos dispositivos electrónicos.

El progreso en campos como la microelectrónica, la informática y las telecomunicaciones ha promovido importantes avances en los equipos tecnológicos. Actualmente, el Wi-Fi 6 es el estándar dominante y ha sido adoptado como base para

la fabricación de nuevos dispositivos electrónicos. Esta tecnología mejora la eficiencia de las redes, proporcionando mayores velocidades, una mejor capacidad para manejar múltiples dispositivos y una gestión optimizada del tráfico de datos.

La renovación de las infraestructuras tecnológicas en instituciones públicas ha generado mejoras sustanciales, especialmente al reemplazar equipos obsoletos. Esto ha optimizado el trabajo de los empleados y ha facilitado una atención más eficiente y productiva al público. En este sentido, la Corte Nacional de Justicia (CNJ) ha destinado recursos para actualizar su infraestructura tecnológica, cumpliendo con las normativas estatales y mejorando la interconexión de los funcionarios en la red inalámbrica, lo que, a su vez, ha optimizado la atención ciudadana.

Contar con una infraestructura tecnológica moderna y confiable es crucial para garantizar una conectividad eficiente, especialmente porque una gran parte de los empleados de la CNJ dependen de la red inalámbrica para acceder a los servicios. Esto resalta la importancia de contar con una red de alto rendimiento.

La red Wi-Fi 4 que actualmente utiliza la CNJ está desactualizada, presentando problemas como latencia, reducción de velocidad, alcance limitado e inestabilidad. Estos inconvenientes afectan tanto el rendimiento de los empleados como la calidad del servicio al público.

Por lo tanto, es necesario actualizar la infraestructura inalámbrica de la CNJ. La migración a Wi-Fi 6 solucionará estos problemas, mejorando la estabilidad y velocidad de la red, lo que permitirá que los empleados trabajen de manera más eficiente y proporcionará una mejor experiencia para los usuarios.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Antecedentes de la Investigación

Durante la investigación se encontraron varios trabajos de titulación relevantes, tanto de pregrado como de posgrado, que realizaron un análisis detallado de los estándares que rigen las redes inalámbricas y las ventajas que ofrecen las redes Wi-Fi, tales como su fácil implementación, bajo costo, movilidad y mejoras en la velocidad de transmisión. Estas características han consolidado cada vez más el uso de Wi-Fi, que sigue evolucionando.

En cuanto a la migración a Wi-Fi 6, varios estudios realizados en instituciones tanto públicas como privadas han destacado los beneficios y los desafíos que conlleva la adopción de esta tecnología avanzada. Un ejemplo destacado es el estudio de factibilidad llevado a cabo por (Vinicio, 2024), titulado "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA MIGRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA A WI-FI 6 EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL NORTE". Este análisis mostró mejoras significativas en la velocidad, capacidad y eficiencia de la red con la adopción de Wi-Fi 6, lo que ofrece un modelo de referencia valioso para instituciones públicas como ACOREAM y la Corte Nacional de Justicia (CNJ), que enfrentan problemas similares en cuanto a conectividad.

La transición a Wi-Fi 6 en estas instituciones también podría mejorar el rendimiento de la red y permitir una gestión más eficiente de múltiples dispositivos conectados simultáneamente. Además, el gobierno de Colombia (Imbachi, 2025), implementó un proyecto de modernización en varias entidades públicas, adoptando Wi-Fi 6 para optimizar la conectividad y la seguridad de las redes. Los resultados de este proyecto indican que la migración a Wi-Fi 6 no solo mejora el rendimiento de la red, sino que también facilita la integración de tecnologías emergentes en el sector público, lo cual es fundamental para ACOREAM, que busca modernizar su infraestructura tecnológica y adaptarse a las demandas actuales de conectividad y eficiencia operativa.

En cuanto al ámbito educativo, el estudio realizado por (PAOLA, 2024) titulado

“POTENCIACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA PARA EL MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE INTERNET EN LA UNIDAD EDUCATIVA “DR. JOSÉ VILIULFO

CEDEÑO SÁNCHEZ”, ha resaltado cómo la implementación de Wi-Fi 6 mejora la conectividad en instituciones educativas. Este estudio es particularmente relevante para ACOREAM y otras instituciones públicas que enfrentan problemas de conectividad en áreas donde la señal es débil o inestable.

A través de la adopción de Wi-Fi 6, se logró una mejora significativa en la cobertura y calidad de la red, lo que se refleja directamente en una mejor experiencia de uso y eficiencia en las operaciones diarias.

Finalmente, (Hubner & Lezama Cuellar, 2024) en su estudio titulado “SEGURIDAD CORPORATIVA BASADA EN WI-FI 6.0 PARA PYMES EN EL PERÚ”, mostró cómo la adopción de Wi-Fi 6 en pequeñas y medianas empresas ha mejorado la seguridad, eficiencia y velocidad de las redes. Este modelo de seguridad corporativa es aplicable a instituciones como ACOREAM, que también requieren una infraestructura de red segura y eficiente para garantizar la protección de los datos y la confidencialidad de la información.

Al adoptar Wi-Fi 6, ACOREAM podría beneficiarse de las capacidades avanzadas de seguridad de esta tecnología, protegiendo mejor las comunicaciones y los procesos internos.

Los estudios revisados demuestran que la migración a Wi-Fi 6 ha proporcionado una solución efectiva en diversas instituciones para mejorar la velocidad, seguridad y capacidad de la red, y estos beneficios podrían replicarse en ACOREAM y la Corte Nacional de Justicia, que necesitan modernizar su infraestructura tecnológica y garantizar una conectividad óptima para la gestión de sus operaciones y la atención al público.

Los resultados obtenidos de estos estudios evidencian estos análisis, Wi-Fi 6 no solo mejora la velocidad y la seguridad, sino que también optimiza la eficiencia operativa en instituciones que enfrentan una alta densidad de dispositivos conectados, por lo tanto, la adopción de Wi-Fi 6 en estas instituciones podría resolver problemas clave de conectividad y mejorar significativamente su infraestructura tecnológica, alineándose con las mejores prácticas observadas a nivel internacional.

Se presentan a continuación algunos conceptos importantes que se tratarán en desarrollo del proyecto, lo que permitirá un mejor entendimiento del tema que son:

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Redes inalámbricas

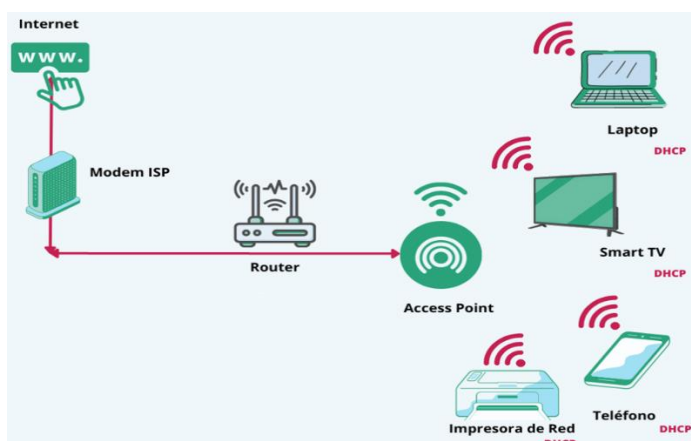
Las redes inalámbricas permiten la transmisión de datos sin cables, utilizando ondas de radio o microondas para conectar dispositivos. Basadas en estándares como IEEE 802.11 (Wi-Fi), ofrecen flexibilidad, movilidad y fácil instalación. Sus componentes principales son los puntos de acceso y los dispositivos clientes. Aunque son convenientes, enfrentan desafíos como interferencias de señal y limitaciones en cobertura y seguridad.

2.2.2. WLAN (Red de Área Local Inalámbrica)

Uno de los recursos de comunicación más populares en la actualidad y por lo tanto los más utilizados, es la red de área inalámbrica local (WLAN). Este sistema de comunicaciones que hace uso de la tecnología de radiofrecuencia para facilitar la comunicación y el intercambio de información (voz, datos y video) entre varios dispositivos en un espacio cuya cobertura está destinada a áreas relativamente pequeñas como viviendas, edificios, campus universitarios y centros comerciales, etc.

Ofrecen la ventaja de no estar limitadas por la necesidad de una conexión física (cables) a una ubicación fija, lo que permite cubrir áreas distantes a un costo reducido. Esto hace que muchos usuarios prefieran conectarse directamente a estas redes.

1 Figura. Red de Área Local Inalámbrica (WLAN)



Nota: Tomado de la Web (Walton, 2024)

2.2.3. IEEE

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) es la entidad responsable

de crear y actualizar los estándares que permiten las comunicaciones tanto en las redes físicas como inalámbricas.

El IEEE impulsa una comunidad global por medio de publicaciones, conferencias, estándares tecnológicos, diversas actividades profesionales y educativas. Está integrado por ingenieros de diversas disciplinas (electrónica, eléctrica, informática, entre otras) comprometidos con el avance tecnológico en beneficio de la sociedad. Además, el IEEE ha establecido la norma 802.11 como base para el acceso, comunicación, operación, interconexión, integración, así como la convergencia de equipos y redes inalámbricas.

2.2.4. Estándares

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia de la Lengua manifiesta que un estándar es lo “que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia”. Así mismo un estándar (como lo define la ISO) son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios para ser usados como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito.

La ventaja principal de un estándar es que ofrece a las empresas y usuarios la libertad de elegir entre diversos productos o servicios, sin estar limitados a una única opción.

A lo largo del tiempo, hemos presenciado la evolución de numerosos estándares Wi-Fi, cada uno de los cuales han introducido avances significativos. Estos progresos no solo se han centrado en aumentar la velocidad, sino también en mejorar aspectos cruciales como el rendimiento, el alcance, la estabilidad y la resistencia a las interferencias, especialmente en ambientes con diversos dispositivos conectados al mismo tiempo.

Posteriormente, citaremos los distintos estándares Wi-Fi que han surgido en el ámbito tecnológico desde su origen hasta la actualidad.

- IEEE 802.11: Fue la primera norma, conocida como la pionera Wi-Fi, introducido en año 1997, sirve de base para la comunicación en redes inalámbricas. permitía transferir datos a una velocidad de 1 Mbps.
- IEEE 802.11b: Es la primera norma inalámbrica, desarrollada a finales de

los años noventa. permite transferir datos a una velocidad máxima de 11 Mbps en la frecuencia.

- IEEE 802.11b: Es la primera norma inalámbrica, desarrollada a finales de los años noventa. permite transferir datos a una velocidad máxima de 11 Mbps en la frecuencia de 2,4 GHz. Se reconoce como Wi-Fi 1.
- IEEE 802.11a: Basada en el estándar IEEE 802.11, esta norma se introdujo en 1999, operaba en la frecuencia de 5 GHz y tuvo una velocidad máxima de 54 Mbps. Se le conoce como Wi-Fi 2.
- IEEE 802.11g: Esta norma se introdujo en 2003, opera en la frecuencia de 2,4 GHz, lo que aumentó la velocidad máxima de transmisión hasta 54 Mbps y se conoce como Wi-Fi 3.
- IEEE 802.11n: Esta norma fue aprobado en septiembre de 2009, opera en las frecuencias de 2,4 GHz y 5 GHz con velocidades de hasta 600 Mbps y está certificado como Wi-Fi 4.
- IEEE 802.11ac: Esta norma fue estandarizada al culminar el 2013, funciona en la frecuencia de 5 GHz tiene una velocidad de hasta 1.300 Mbps, es reconocido como Wi-Fi 5.

2.2.5 Impacto de IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6)

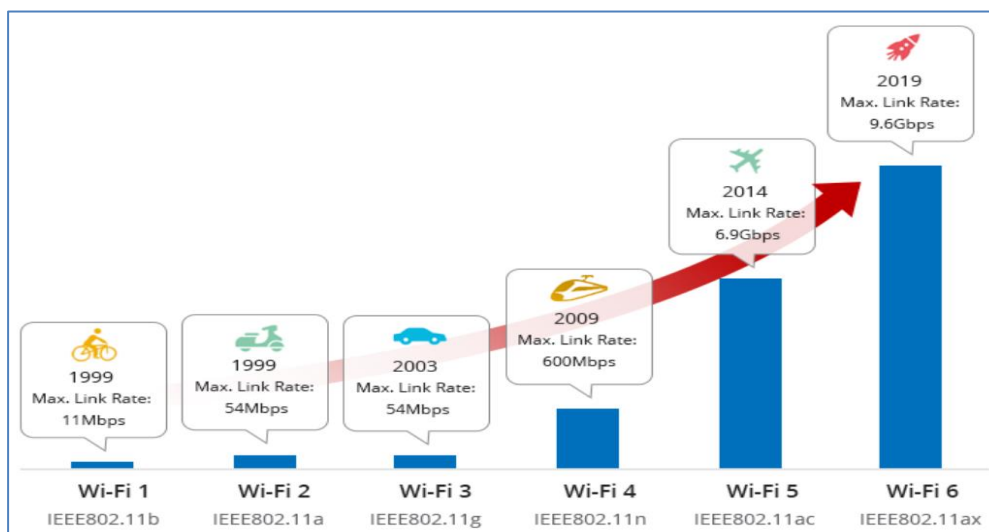
El Impacto de IEEE entornos de Alta Densidad como una Institución Pública

El estándar IEEE 802.11ax, conocido como Wi-Fi 6, ha sido diseñado específicamente para mejorar la eficiencia de las redes inalámbricas en entornos de alta densidad, como oficinas gubernamentales, instituciones educativas y otros espacios con una gran concentración de dispositivos conectados. Esta mejora es fundamental para instituciones públicas como ACOREAM y la Corte Nacional de Justicia, que deben manejar múltiples dispositivos y garantizar una experiencia de usuario fluida.

Wi-Fi 6 introduce varias tecnologías clave, como OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal) y MU-MIMO (Múltiple Entrada, Múltiple Salida de múltiples usuarios), que permiten una mayor capacidad y eficiencia en el uso de la red, optimizando el rendimiento y reduciendo la congestión. Además, mejora la **seguridad** mediante el uso de protocolos avanzados de cifrado y autenticación.

El impacto de **Wi-Fi 6** en entornos de alta densidad como instituciones públicas es significativo. No solo mejora la capacidad y la velocidad de la red, sino que también optimiza la **gestión de recursos** y **reduce la latencia**, lo que permite que las instituciones puedan ofrecer servicios más eficientes y una mejor experiencia a sus usuarios.

2 Figura. Estándares Wi-Fi



Nota: Tomado de la web (Ros, 2021)

2.2.6 Wi-Fi Alliance.

Wi-Fi Alliance es un organismo industrial de tipo no lucrativo, que reúne a empresas interesadas en las normas, promoción y desarrollo relacionados con la tecnología Wi-Fi, esta entidad es reconocida a nivel mundial como una marca de certificación que garantiza que los productos (dispositivos) cumplan con los estándares establecidos en términos de interoperabilidad, seguridad y diversos protocolos técnicos de desarrollo.

Los dispositivos que experimentaron las rigurosas pruebas ejecutadas por los laboratorios independientes autorizados y superan con éxito estas evaluaciones permiten a sus fabricantes obtener el derecho de usar el sello o logotipo de Wi-Fi Alliance en sus productos para comercializarlos. Este distintivo garantiza a los usuarios que el equipo cuenta con respaldo técnico, cumple con altos estándares de calidad y seguridad, y es totalmente compatible con otros dispositivos certificados por

Wi-Fi Alliance que operen en la misma frecuencia.

Hoy en día, la Wi-Fi Alliance ha certificado una amplia gama de dispositivos, que incluyen laptops, impresoras, teléfonos móviles, tablets, equipos de conectividad de red como routers y diversos electrodomésticos.

Desde hace unos años, se ha implementado un nuevo sistema de numeración para las distintas versiones de WLAN, como Wi-Fi 4, Wi-Fi 5 y Wi-Fi 6, entre otras. Este enfoque es el más conocido y está familiarizado a nivel general por las personas en relación con las generaciones de tecnologías móviles, como 2G, 3G, 4G y 5G. Por ello, la Wi-Fi Alliance adoptó una estrategia similar para las variantes de LAN inalámbrica definidas por el estándar IEEE 802.11. Según esta nomenclatura, el estándar 802.11ax se conoce como Wi-Fi 6, el 802.11ac como Wi-Fi 5 y el 802.11n como Wi-Fi 4.

<https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/802-11ax.php>

Como resultado, Wi-Fi 6 se ha convertido en el término preferido como estrategia de marketing y ventas, sustituyendo a la denominación técnica del estándar, que resulta más compleja. Esta nueva nomenclatura adoptada por la Wi-Fi Alliance se está utilizando ampliamente en diversos dispositivos compatibles con Wi-Fi, como enrutadores, repetidores, laptops, tabletas, teléfonos móviles, televisores y otros equipos habilitados para esta tecnología.

2.2.7 Wi-Fi Bandas de Frecuencias utilizadas

Los estándares definidos por IEEE 802.11 para el funcionamiento de los equipos inalámbricos especifican tres categorías de frecuencia principales, las más comunes son: 2.4 GHz y 5 GHz, últimamente surgió la banda de 6 GHz, a pesar de ello la mayoría de los dispositivos operan en la banda de 2.4 GHz de manera prefija. En el siguiente cuadro se lista las principales características de las frecuencias:

Tabla 1. Principales características de las frecuencias

Característica	Frecuencias		
	2.4 GHz	5 GHz	6 GHz
Alcance	Mayor	Menor	Menor
Velocidad	Menor	Mayor	Mayor

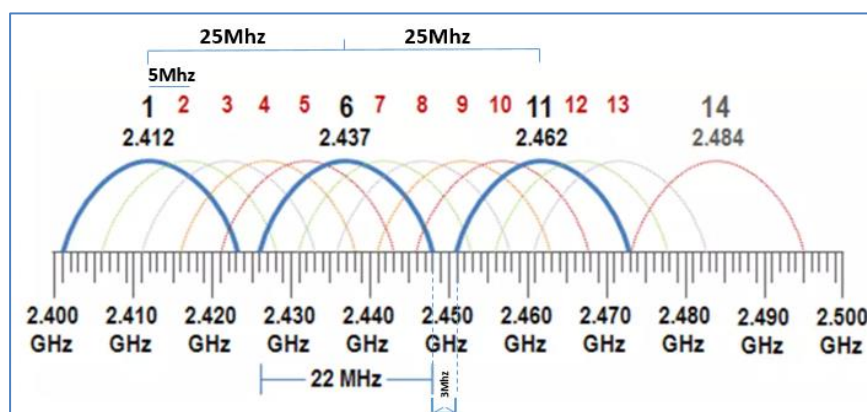
Congestión	Mayor	Menor	Menor
------------	-------	-------	-------

Nota: Autoría

Cada uno de estos rangos se subdivide en múltiples canales para optimizar la transmisión y recepción de datos.

La banda de frecuencia de 2.4 GHz está dividida en 14 canales, con un intervalo de 5 MHz entre cada uno. Sin embargo, en Ecuador se utilizan 11 de estos canales. Esto genera un inconveniente, ya que cada canal necesita un ancho de banda de 22 MHz para funcionar correctamente, lo que provoca una superposición entre los canales.

3 Figura. Frecuencia 2.4GHz



Nota: Tomado de la web (Carrasco, 2024)

2.3. Norma 802.11ax (Wi-Fi 6)

A lo largo del tiempo, hemos presenciado la llegada de muchos estándares Wi-Fi. Cada uno de ellos ha introducido avances significativos, no solo en términos de velocidad, sino también en aspectos cruciales como el rendimiento en entornos con múltiples dispositivos enlazados simultáneamente, el alcance, la estabilidad y la resistencia a las interferencias.

Esta última norma enfrenta los más altos desafíos actuales de la tecnología Wi-Fi como el rendimiento, la creciente densidad de dispositivos y la diversidad de aplicaciones. Para abordar estos desafíos, 802.11ax cuadruplica la capacidad de

rendimiento en comparación con su antecesora. Además, introduce mejoras como la capacidad de utilizar dos de las tres las bandas de frecuencia aprobadas para uso inalámbrico sin licencia, simultáneamente para una variedad de aplicaciones.

Definición

La norma IEEE 802.11ax, conocida como Wi-Fi 6, representa la sexta generación de los protocolos de redes de área local inalámbrica (WLAN). Este estándar fue diseñado para mejorar significativamente la eficiencia y la velocidad en la transmisión y recepción de datos inalámbricos, especialmente en entornos con una alta densidad de dispositivos conectados.

Wi-Fi 6 es considerado el sucesor del estándar 802.11ac ya que cuadruplica su capacidad de velocidad, lo que optimiza el rendimiento de las redes. Además, ofrece compatibilidad con las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz, lo que amplía su versatilidad para diversos escenarios de uso. Otro punto clave es su adaptabilidad con las versiones anteriores de WLAN, facilitando así una transición gradual hacia esta nueva tecnología.

Las métricas claves del rendimiento para el estándar 802.11ax, también conocido como Wi-Fi 6, incluyen el rendimiento promedio por estación, el rendimiento por área y la eficiencia energética. Para optimizar estos aspectos, esta versión incorpora diversas características innovadoras que mejoran significativamente la eficiencia en el consumo energético.

En relación con las especificaciones y parámetros más relevantes sobre 802.11ax, la siguiente tabla presenta información clave:

Tabla 2 Detalle de IEEE 802.11Ax, Wi-Fi 6

DETALLE DE IEEE 802.11AX (WI-FI 6)	
COMPONENTE	ESPECIFICACION

Bandas de frecuencia	2,4 GHz y 5 GHz; 6 GHz para Wi-Fi 6E
Anchos de banda	20, 40, 80 MHz, opcional 160 MHz, 80+80 MHz
Tipos de modulación	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, 1024QAM
Tamaños FFT	256, 512, 1024, 2048; Espacio de subportadora 78.125kHz
Tecnología multiusuario	OFDMA - MU-MIMO con soporte hasta 8 flujos espaciales
Tasa de datos máximas	600.4 Mbps (canal de 80 MHz y 1 SS *) 9607.8 Mbps (canal de 160 MHz y 8SS *)

Nota: Adaptado Notes, E. (s. f.).

La CNJ requiere que su red Wi-Fi por donde transita la información generada posea mayor velocidad en la transmisión y recepción, una mejor conectividad en entornos con alta densidad de dispositivos conectados y una mayor cobertura en las instalaciones, por estas razones la tecnología Wi-Fi 6 se perfila como el protocolo que ofrece estas bondades o características:

2.3.1 Ventajas

Las primordiales ventajas del 802.11ax en comparación a las versiones preliminares son:

- Transferencia a mayor velocidad: La norma 802.11ax posibilita velocidades de transferencia de hasta 9,6 Gb/s, lo que representa aproximadamente diez veces más rápida que los estándares anteriores.
- Rentabilidad mejorada en entornos densos: En áreas densamente poblados por equipamiento tecnológico, como estadios, coliseos, aeropuertos o zonas urbanas con alta concentración de personas, Wi-Fi 6 ofrece mejoramiento relevante en la eficiencia y el rendimiento de las redes sin cables. Esto se debe a que emplea las tecnologías OFDMA y MU-MIMO que aceptan la transmisión y recepción simultánea de datos entre múltiples dispositivos sin que interfieran entre sí, lo que optimiza la capacidad y la experiencia del usuario.
- Eficiencia espectral mejorada: La norma 802.11ax presenta un avance significativo en la eficiencia espectral en contraste con los estándares anteriores. Incorpora una modulación más avanzada y la tecnología OFDMA

(Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal), que segmenta cada canal Wi-Fi en subcanales más pequeños. Estas señales se dirigen de manera directa y se asignan a dispositivos individuales, lo que conlleva una notable mejora en la efectividad, la precisión y la estabilidad del enlace.

- Consumo de energía reducido: Un beneficio distintivo de Wi-Fi 6, es la ampliación de la durabilidad de la batería. Utiliza tecnologías de ahorro energético como el Target Wake Time (TWT) y la reutilización espacial (Spatial Reuse) para potenciar la capacidad energética de los dispositivos.
- Compatible con las frecuencia existentes y nuevas: Wi-Fi 6 opera en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz y 5 GHz actualmente utilizadas, del mismo modo que en la banda de 6 GHz, el cual ofrece más ancho de banda.
- Compatible con las normas precedentes: La norma 802.11ax, conocida como Wi-Fi 6, introduce diversas mejoras, pero mantiene la compatibilidad con dispositivos que utilizan estándares anteriores, como 802.11a/b/g/n/ac. Esto garantiza que los dispositivos más antiguos puedan comunicarse sin problemas con aquellos que incorporan el nuevo estándar tecnológico.

2.3.2 OFDMA y MU-MIMO: Impacto Conjunto en la CNJ

La implementación de OFDMA y MU-MIMO dentro de Wi-Fi 6 es particularmente beneficiosa para instituciones como la Corte Nacional de Justicia, donde la conectividad no solo debe ser rápida, sino también robusta y capaz de manejar un gran volumen de tráfico de datos. OFDMA permite una mejor utilización del espectro, asignando dinámicamente los recursos a los dispositivos según sus necesidades, mientras que MU-MIMO asegura que la red pueda manejar múltiples dispositivos sin saturarse. Juntas, estas tecnologías hacen que Wi-Fi 6 sea ideal para entornos con alta demanda de conectividad, como la CNJ, donde se manejan múltiples conexiones simultáneas.

En el caso de la Corte Nacional de Justicia, la implementación de Wi-Fi 6 con OFDMA y MU-MIMO no solo aumentaría la eficiencia de la red, sino que también reduciría la latencia y mejoraría la experiencia de los usuarios, proporcionando una

infraestructura de red moderna capaz de adaptarse a las necesidades tecnológicas actuales y futuras.

4 Figura. Bondades Estándar 802.11 ax



Nota: (WLAN 802.11 Ax Tutorial: WiFi 6 Basics, s. f.)

2.3.3 Funcionamiento Desempeño 802.11ax.

Las modificaciones más destacadas en el rendimiento de la tecnología 802.11ax son los siguientes:

- Los intervalos de guardia y la duración del símbolo se cuadruplicaron, como resultado, las señales de Wi-Fi se vuelven más estables para uso en exteriores.
- Se incorporó la modulación 1024QAM para contribuir a alcanzar velocidades de datos máximas más elevadas.
- Se amplía la multiplexación espacial para dar soporte a la tecnología 8x8 MIMO.
- Se implementó OFDMA que contribuye a mejorar la eficiencia espectral en el estándar 802.11ax al posibilitar que múltiples usuarios transmitan y reciban datos de forma simultánea en un mismo canal. Además, ajusta de manera dinámica los recursos de subportadora para adaptarse a las distintas necesidades de ancho de banda de cada usuario.
- Se implementó MU-MIMO (Múltiple Entrada, Múltiple Salida para Múltiples Usuarios, en el estándar 802.11ax, tanto en el enlace descendente como en el ascendente. Esta adición permite aprovechar la SDM (Multiplexación por

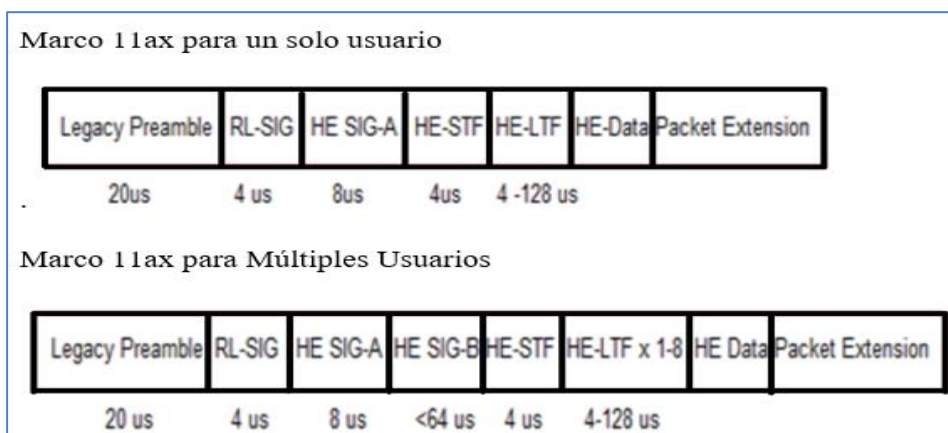
División Espacial) para obtener un mayor rendimiento en el enlace ascendente.

- En la estructura del marco emplea el preámbulo de alcance extendido.

2.3.4 Formato de trama WLAN 802.11ax.

La arquitectura de la norma 802.11ax, es similar a sus antecesores, se compone de preámbulo, encabezado y datos. La figura 5 muestra estructuras de marcos tanto para un solo usuario como para múltiples usuarios.

5 Figura. Formato de trama WLAN 802.11ax



Nota: (WLAN 802.11 Ax Tutorial: WiFi 6 Basics, s. f.)

- La arquitectura se inicia con el preámbulo, que se divide en dos partes distintas. La primera sección comprende los campos de formación heredados (no HE), mientras que la segunda parte está compuesta por los campos de preámbulo HE. Dentro de la porción heredada del preámbulo se encuentran el L-STF (campo de entrenamiento corto heredado, es decir, no HT), el L-LTF (campo de entrenamiento largo heredado) y el L-SIG (campo de señal heredado). Estos elementos heredados son decodificados por dispositivos compatibles con el estándar previo. El campo RL-SIG se incorpora para garantizar la compatibilidad con versiones anteriores y permitir la coexistencia con dispositivos Wi-Fi heredados. Este campo, conocido como repetición del campo de señal heredado (RL-SIG), está diseñado específicamente para su uso en contextos no HT. Es importante destacar que el preámbulo HE solo puede ser decodificado por dispositivos

que cumplen con el estándar 802.11ax.

- Dentro del preámbulo HE se encuentran los patrones HE-STF y HE-LTF.
- El encabezado HE típicamente comprende los campos HE SIG-A y HE SIG-B. HE SIG-A proporciona detalles sobre el paquete que se debe rastrear tanto en el enlace descendente como en el enlace ascendente, incluyendo la velocidad MCS, la modulación, el color BSS, el ancho de banda (BW), el flujo espacial y el tiempo restante en la oportunidad de transmisión. Por otro lado, HE SIG-B se reserva únicamente para paquetes multiusuario.
- El campo HE-Datos transporta el Servicio de Datos del Paquete de Servicio de Usuario (PSDU).
- En la norma 802.11ax, se emplean modos de extensión de paquetes que pueden tener una duración de 8 μ s o 16 μ s al final de la trama.

2.3.5 Capa física (PHY) WLAN 802.11ax

En entornos de redes inalámbricas como Wi-Fi, la capa física se refiere a la primera capa del modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI). Este nivel tiene como responsabilidad crear, mantener y finalizar las conexiones entre dispositivos, además de supervisar su desempeño durante la transferencia de datos.

El nuevo estándar 802.11ax, conocido como Wi-Fi 6, introduce cambios significativos tanto en la dirección MAC como en la capa física, mejorando el rendimiento, el alcance y la eficiencia energética. Una de las mejoras clave es la implementación de la multiplexación por división de frecuencia ortogonal de acceso múltiple (OFDMA). Esta norma fue desarrollada después de un minucioso análisis de las especificaciones heredadas de las variantes 802.11a/b/g/n/ac, asegurando la compatibilidad con versiones anteriores. Además, soporta anchos de canal desde 40 MHz en la banda de 2,4 GHz hasta 160 MHz en la banda de 5,0 GHz.

Con OFDMA, el ancho de banda de un canal se divide en múltiples subportadoras conocidas como unidades de recursos (RU), cada una asignada a un usuario diferente. Esto permite que varios usuarios transmitan y reciban datos simultáneamente en el mismo canal, mejorando así la capacidad y la eficiencia del sistema.

Cada unidad de recursos (RU) se asigna a un usuario específico y puede

ajustarse dinámicamente para satisfacer sus necesidades de ancho de banda. Esto implica que los usuarios con mayores demandas de ancho de banda pueden recibir más subportadoras, mientras que aquellos con menores necesidades pueden recibir menos subportadoras.

El estándar 802.11ax amplía las capacidades de modulación de sus predecesores (802.11g/n/ac), que admitían esquemas como 16-QAM, 64-QAM y 256-QAM, al introducir la modulación 1024-QAM. Además, incorpora soporte para umbrales avanzados de corrección de errores con tasas de 1/2, 2/3, 3/4 y 5/6. Estas mejoras en la capa física incrementan la velocidad de transmisión de datos en un 25%, alcanzando un máximo de 9,6 Gbps.

2.3.6 Arquitectura estándar 802.11ax

La arquitectura de la norma 802.11ax se fundamenta en las estructuras de versiones anteriores, aunque incorpora diversas mejoras destinadas a potenciar el rendimiento, el alcance y la eficiencia energética.

Elementos fundamentales

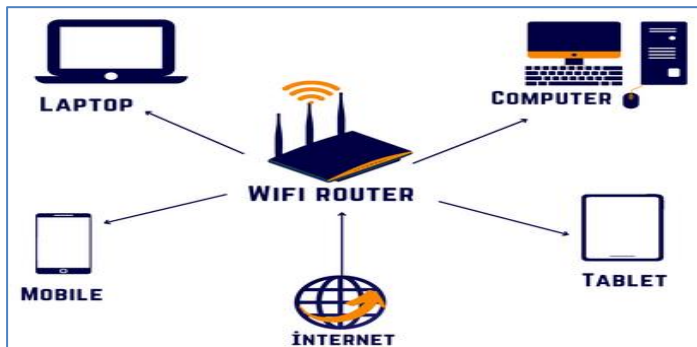
Los elementos fundamentales de la arquitectura 802.11ax para su funcionamiento son idénticos a los utilizados por sus predecesores 802.11a/b/g/n/ac, estos elementos fundamentales son importantes para establecer y mantener una red inalámbrica operativa y eficaz, estos elementos son:

- *Conjunto Básico de Servicios (BSS)*: Este elemento constituye el elemento básico de la arquitectura 802.11, conformado por una o múltiples estaciones inalámbricas y un punto de acceso central denominado Access Point (AP). El BSS facilita la intercomunicación entre las estaciones inalámbricas y el AP, permitiendo así el intercambio de datos de manera efectiva.
- *Estaciones Inalámbricas (STATION; STA)*: Se refieren a todos aquellos equipos inalámbricos que se enlazan a una red Wi-Fi, tales como computadoras estacionarias o portátiles, teléfonos móviles, tablets etc.
- *Punto de Acceso (AP)*: Se trata del equipo central dentro de un conjunto básico de servicios (BSS) brinda acceso a las Estaciones Inalámbricas (STA) asociadas y se conecta con otros AP por medio del Sistema de Distribución (DS). El AP cumple la función de facilitar la conexión entre las estaciones

inalámbricas y la infraestructura de red.

- *Modos de Operación:* La arquitectura 802.11ax, admite múltiples modos de funcionamiento, como son el de infraestructura y el ad-hoc. Estas modalidades definen la topología de la red y la comunicación entre las estaciones inalámbricas.

6 Figura. Elementos que componen WLAN 802.11ax



Nota: Zenarmor (2024)

2.3.7 Mejoras de la arquitectura 802.11ax

Las principales mejoras de la arquitectura 802.11ax son:

- La implementación de la modulación OFDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia Ortogonal) habilita a los puntos de acceso (AP) para transmitir datos a varios dispositivos al mismo tiempo, mejorando significativamente la eficiencia del espectro.
- La tecnología MU-MIMO (Múltiple Entrada, Múltiple Salida para Múltiples Usuarios) mejora el desempeño de la red al posibilitar que los puntos de acceso (AP) transmitan datos a múltiples dispositivos de manera simultánea.
- Target Wake Time (TWT). Autoriza que los dispositivos programen sus comunicaciones con el punto de acceso (AP) determinando cuándo y con qué frecuencia estarán activos para recibir o enviar datos. Este enfoque reduce el tiempo de espera de los dispositivos, disminuyendo así su consumo energético.

2.3.8 Implementación de la arquitectura 802.11ax

- La arquitectura 802.11ax opera en dos bandas de frecuencia: 2,4 GHz y 5 GHz. En la banda de 2,4 GHz, puede lograr velocidades de hasta 6,9 Gbps, entre

tanto que en la de 5 GHz puede alcanzar velocidades de hasta 9,6 Gbps.

2.3.9 Aplicaciones arquitectura 802.11ax

- El estándar 802.11ax ha sido desarrollado para satisfacer las demandas de aplicaciones de alto rendimiento y alta capacidad, como transmisión de vídeo 4K/8K, realidad virtual (VR) y realidad aumentada (AR).

2.4 Estándar 802.11ax Vs Estándar 802.11ac y Estándar 802.11n.

Estándar 802.11 n.

La tecnología Wi-Fi 4, identificada como 802.11n, apareció como una norma de red inalámbrica en el año 2009. En su momento, marcó un avance notable en comparación con las generaciones previas. Este protocolo fue diseñado para satisfacer las demandas crecientes de usuarios de dispositivos móviles, tales como teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras portátiles. La norma 802.11n brindó una serie de ventajas, como son:

- Ofrece un rendimiento superior, permitiendo velocidades de datos de hasta 600 Mbps al emplear canales de 40 MHz.
- Tiene una capacidad aumentada, siendo capaz de admitir hasta 100 usuarios, lo cual representaba una mejora notable en comparación con sus versiones anteriores.
- Demuestra una eficiencia energética superior a la de sus predecesores, lo que conllevaba una extensión en la duración de la batería de los dispositivos.
- Utiliza la tecnología de modulación MIMO (Múltiple Entrada, Múltiple Salida) habilita a los puntos de acceso (AP) para transmitir datos a varios dispositivos simultáneamente mediante una misma antena. Este enfoque optimiza el rendimiento de la red al evitar que los dispositivos tengan que esperar su turno para enviar datos.
- Funciona en las bandas de frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz.
- Es compatible con los estándares previos 802.11a/b/g.
- Permite una transmisión de datos más eficiente en comparación con los estándares predecesores.

2.4.1 Estándar 802.11ac.

La tecnología Wi-Fi 5, identificada como 802.11ac, marca un avance considerable con respecto a sus predecesores. Lanzado en 2014, opera en la frecuencia de 5 GHz y proporciona velocidades de conexión más rápidas, así como una mayor capacidad de transferencia de datos en comparación con las generaciones previas. Cuatro veces superior en velocidad a las del estándar Wi-Fi 802.11n, Por lo que facilita una transmisión de datos más eficiente y es compatible con un mayor número de antenas para una comunicación más ágil, permitiendo la transmisión simultánea de video HD a varios clientes en los hogares y en las empresas. La norma 802.11ac brinda una serie de ventajas, como son:

- Ofrece un rendimiento superior, permitiendo velocidades de datos de hasta 6,9 Gbps al emplear canales de 80 MHz
- Tiene una capacidad aumentada, siendo capaz de admitir hasta 200 usuarios, lo cual representaba una mejora notable en comparación con sus versiones anteriores
- Demuestra una eficiencia energética superior a la de sus predecesores, lo que con llevaba una extensión en la duración de la batería de los dispositivos
- Emplea la tecnología de modulación MU-MIMO (Múltiple Usuario; Múltiple Entrada, Múltiple Salida), que optimiza el rendimiento total de la red inalámbrica, para transmitir información permitiendo mantener la velocidad incluso cuando todos los usuarios están conectados simultáneamente mediante una misma antena.
- Funciona en las bandas de frecuencia de 5 GHz.
- Es compatible con los estándares previos 802.11a//b/g/n.
- Introduce el concepto de tecnología Beamforming, que se centra en dirigir las señales de transmisión de manera precisa hacia los dispositivos receptores mejorando la eficiencia y velocidad de la conexión inalámbrica.

2.4.2 Diferencias entre los estándares 802.11ax, 802.11ac y 802.11n.

Las normas 802.11ax, 802.11ac y 802.11n representan las últimas versiones de las redes inalámbricas Wi-Fi. Cada uno de estos estándares ofrece mejoras notables en comparación con las versiones que les antecedieron, incluyendo un rendimiento mejorado, una mayor capacidad y una eficiencia energética superior.

Las diferencias principales entre las normas 802.11ax, 802.11ac y 802.11n son:

Tabla 3. Diferencias entre 802.11ax, 802.11ac y 802.11n.

Detalle diferencias de las Normas IEEE			
Característica	802.11ax	802.11ac	802.11n
Frecuencias	2,4 GHz y 5 GHz	5 GHz	2,4 GHz y 5 GHz
Canales	Hasta 160 MHz	Hasta 80 MHz	Hasta 40 MHz
Modulación	OFDMA	OFDM	OFDM
Tecnología MU-MIMO	Sí	Sí	No
Target Wake Time (TWT)	Sí	No	No
Rendimiento máximo	Hasta 9,6 Gbps	Hasta 6,9 Gbps	Hasta 600 Mbps
Capacidad	Hasta 400 usuarios	Hasta 200 usuarios	Hasta 100 usuarios
Eficiencia energética	Mejor	Mejor	Mejor

Notas: Autor

Como referencia de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos se puede concluir que el estándar de estudio mejora la eficiencia energética en entornos que requieren de transmisión de tráfico de audio y video en tiempo real, a cambio de reducir la duración energética de la batería de los dispositivos.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

3.1. Situación actual de la red Wi-Fi

Las tareas diarias realizadas por los funcionarios judiciales y la prestación de los servicios al público se ven directamente afectadas por los problemas de conexión a internet, debido a esto, el personal no puede ejecutar sus tareas de manera rápida y efectiva.

La Corte Nacional de Justicia como figura principal del poder judicial del Ecuador, representa un componente importante de la sociedad ecuatoriana, ya que es responsable de la administrar justicia en el país. La infraestructura Wi-Fi con la que cuenta actualmente la institución, data del año 2011, razón por lo que es una tecnología antigua, lo que no satisface las necesidades de conexión para la ejecución de los procesos administrativos ni jurídicos.

Sin una conectividad sólida y distribuida uniformemente provoca retrasos en el avance de las tareas que allí se ejecutan. Evidentemente, esto implica que el personal debe dedicarse un mayor rango de tiempo a tareas que si contaran con una conexión más estable, podrían resolverse y llevar a cabo de manera más rápida.

Una vez ejecutada la visita técnica del edificio de la CNJ en donde se encuentra instalada y en funcionamiento la red WiFi, se pudo percibir que la red inalámbrica de la institución cuenta con equipos con tecnología anterior, no abastecen la velocidad y robustez de los proveedores actuales, está desactualizada y adolece problemas de latencia, alcance, pérdida de velocidad, inestabilidad e interrupciones, lo que dificulta la realización de las actividades diarias como son:

En lo Jurídico:

- Manejo del Sistema SATJE (Sistema Informático de Trámite Judicial)
- Manejo del Sistema SIJU (Sistema de procesamiento de Jurisprudencia)

En lo Administrativo:

- Unidad Administrativa y de Talento Humano, administración sistemas DNA y DNP
- Unidad Tecnologías de la Información y Comunicación, administración sistema MS (Mesa Servicios)

- Unidad Biblioteca, Gaceta Judicial y Museo
- Unidad de Relaciones Públicas y Comunicación Social, administración portal web

En este ambiente, la red Wi-Fi actual de la institución que fué implementada años atrás, en su momento fué una red robusta, eficiente con la cual los funcionarios laboraban sin inconvenientes, sin embargo, en la actualidad con la evolución de los dispositivos tecnológicos (portátiles, impresoras, teléfonos, etc.), la red wifi con la que cuenta la CNJ presenta los inconvenientes citados anteriormente.

A continuación, en la Tabla 4. Equipos la red Wi-Fi de la CNJ, se describen los equipos la red wifi de la CNJ, observados en la inspección:

Tabla 4. Equipos la red Wi-Fi de la CNJ

Equipos la red Wi-Fi de la CNJ								
Item	Cantidad	Tipo de equipo	Marca	Modelo	Banda	Estandar	Año fabricación	
1	24	Access point	Cisco	Air-Cap3602E-A-K9	2,4 Ghz y 5 Ghz	IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11n, 802.11d, 802.11h y 802.11g	2011	
2	1	Controlador	Cisco	Air-Ct8510-K9	47-63 Hz	IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11d, 802.11e, 802.11h, 802.11n, 802.11k, 802.11r, 802.11u, 802.11w, 802.11ac	2013	

Nota: Autoría

De acuerdo con la Tabla 4, se puede observar que existen 24 Access Point AIR CAP3602E A K9 y una Controladora AIR-CT8510-K9, los mismos que operan con estándares remotos cuyas fechas de publicación van desde el 1997 hasta 2013, así

como su fabricación fue entre el 2011 y 2013 respectivamente, por lo que se puede evidenciar que los equipos actuales con los que cuenta la institución operan con los estándares 802.11n y 802.11ac, por lo tanto no son aptos para soportar la implementación de Wi-Fi 6.

3.2 Equipo Actual con el que opera la red Wi-Fi en el CNJ

Cisco Air Cap3602e-a-k9

Pertenece a los puntos de acceso de Cisco Aironet serie 3600

7 Figura. AP Cisco Aironet Serie 3600. CNJ



Nota: (Cisco Aironet 3600 Series Access Point Data Sheet, 2019)

Características.

- Tecnología MIMO 4 x 4 con tres flujos espaciales
- IEEE 802.11 a/b/g/n
- Doble banda, antenas integradas y dominio regulatorio
- Diseño de arquitectura modular, ecualización MIMO
- Cisco Clientlink 2.0, tecnología Cisco CleanAir

Diseñado para abordar las necesidades de conectividad inalámbrica de fábricas, grandes oficinas y otros entornos industriales interiores, el AIR CAP3602E A K9 es de clase empresarial, Punto de acceso de tres flujos espaciales con banda dual, 802.11a/g/n basado en controlador, antenas internas y un dominio regulatorio. La serie Cisco Aironet 3600 ofrece rendimiento líder en la industria para una conexión

inalámbrica segura y confiable con hasta 450 Mbps o 1,3 Gbps con módulo IEEE802.11ac con una gran cobertura para garantizar la sólida experiencia de movilidad. (Cisco Aironet 3600 Series Access Point Data, 2019).

A continuación, se muestra una tabla comparativa de los equipos que se encuentran instalados actualmente en el edificio y los equipos propuestos:

Tabla 5. Comparación equipos actuales vs propuestos

Detalle	Tecnología existente (Ap)	Tecnología a implementar (Ap)
Característica	Cisco Air Cap3602e-a-k9	Cisco Catalyst 9166D1
Frecuencia	2,4 GHz y 5 GHz	2,4 GHz y 5 GHz
Canales	Hasta 80 MHz	Hasta 160 MHz
Modulación	OFDMA	OFDMA
Estandar	802.11a, 802.11n, 802.11g,	802.11a, 802.11g, 802.11n, 802.11ax
Tecnología MU-MIMO	Sí	Sí
Target Wake Time (TWT)	Sí	Sí
Rendimiento máximo	Hasta 4,8 Gbps	Hasta 10,8 Gbps
Capacidad	Hasta 200 usuarios	Hasta 400 usuarios
Eficiencia energética	Buena	Buena

Nota: Autoría

3.2. Esquema de Red Wifi de la Corte Nacional de Justicia

La actual red wifi de la CNJ, utiliza mecanismos inalámbricos para conectarse a servidores distribuidos y brindar servicios de internet a todo el edificio a través de un enlace inalámbrico cuyo esquema fundamental está implementada según la norma 802.11ac.

La base de la arquitectura lógica-funcional de IEEE 802.11, consiste en una o varias celdas o células denominadas BSS, que se define dentro de un área geográfica en la que múltiples mecanismos se enlazan entre sí utilizando los medios no guiados (aéreo).

Consta de estaciones que actúan como adaptadores que permiten transformar la información encapsulada en protocolo de Ethernet en puntos de acceso; es decir un elemento que controla todo el tráfico de datos de la estación y permite la comunicación

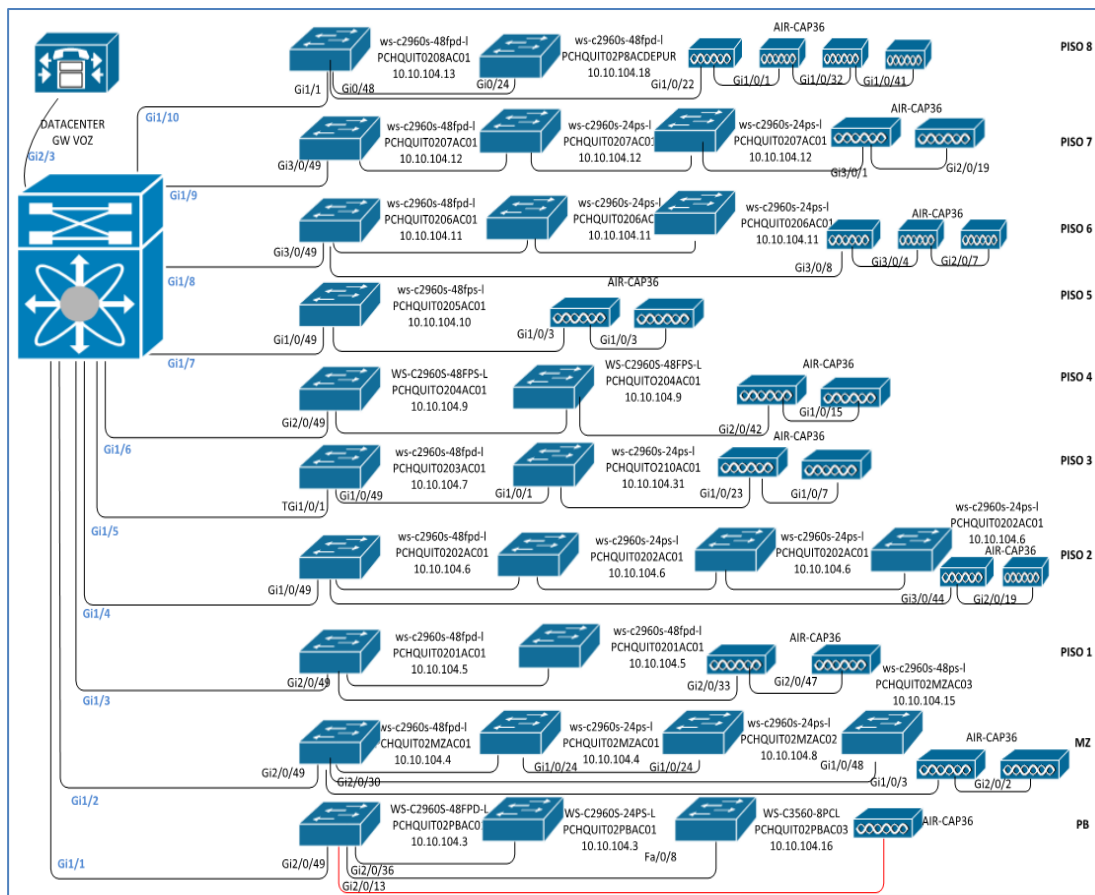
entre células o redes

La estructura interna del CNJ es completa, pero se ha identificado que la distribución de los puntos de acceso (AP) no es la adecuada, lo que provoca que la conectividad de los usuarios a la red Wi-Fi sea deficiente debido a la falta de señal. Además, la capacidad de los equipos para soportar un número adecuado de usuarios simultáneos no cumple con los requisitos del crecimiento interno de las oficinas y la creciente demanda de conectividad.

La estructura está diseñada con una conexión de 1,3 Gbps usando equipos Cisco Aironet serie 3600 en todo el edificio.

El esquema Wi-Fi que actualmente tiene la institución, se muestra en la figura 8

8 Figura. Esquema Wi-Fi actual CNJ



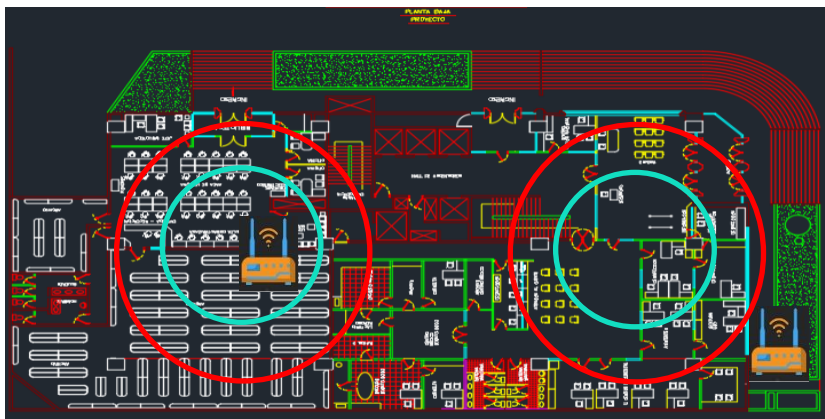
Nota: TICS - CNJ

3.3. Estudio de cobertura de los Access Point instalados en el edificio de la CNJ, en los planos

La ubicación de los Access Point (AP) en el edificio de la institución tiene la siguiente distribución.

En la planta baja se encuentran ubicados 2 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

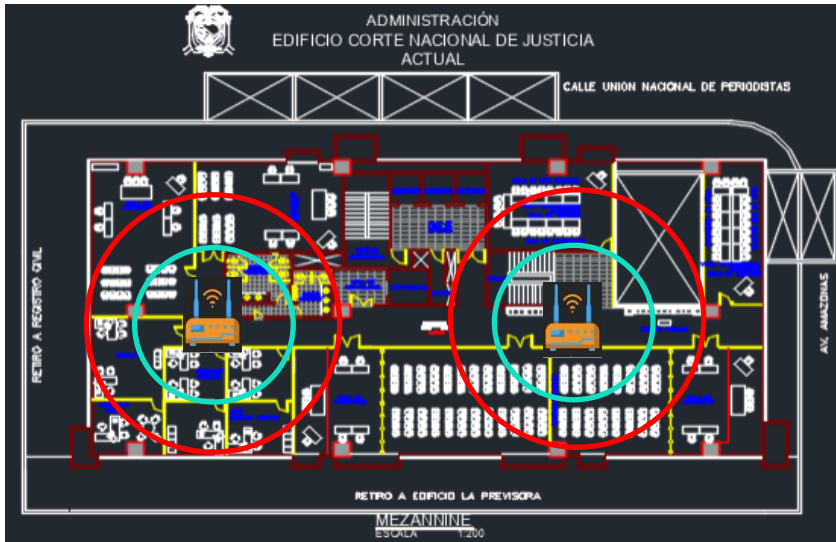
9Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ planta baja



Nota: Autoría

En el mezanine se encuentran ubicados 2 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

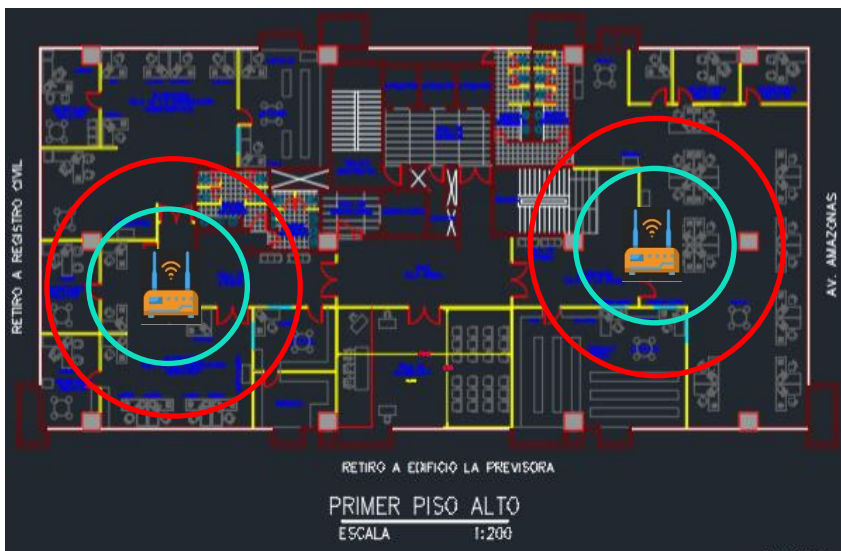
10 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ mezanine



Nota: Autoría

En el primer piso se encuentran ubicados 2 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

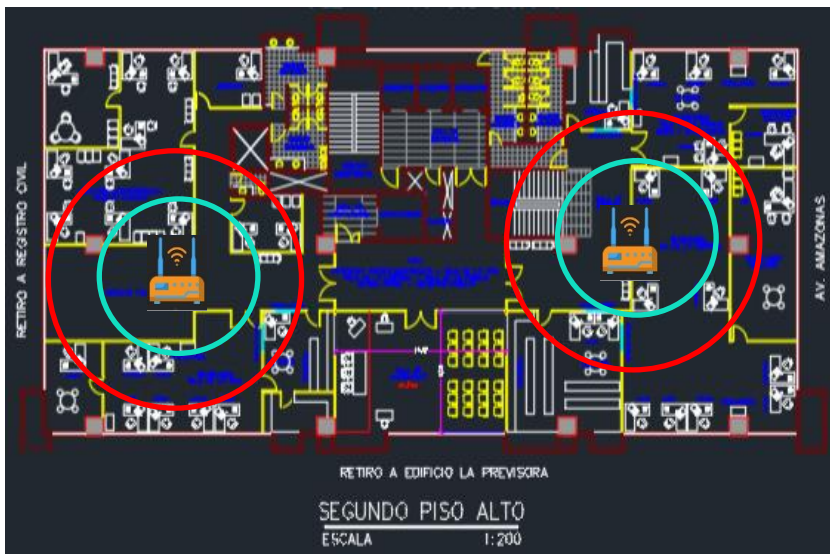
11 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ primer piso



Nota: Autoría

En el segundo piso se encuentran ubicados 2 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

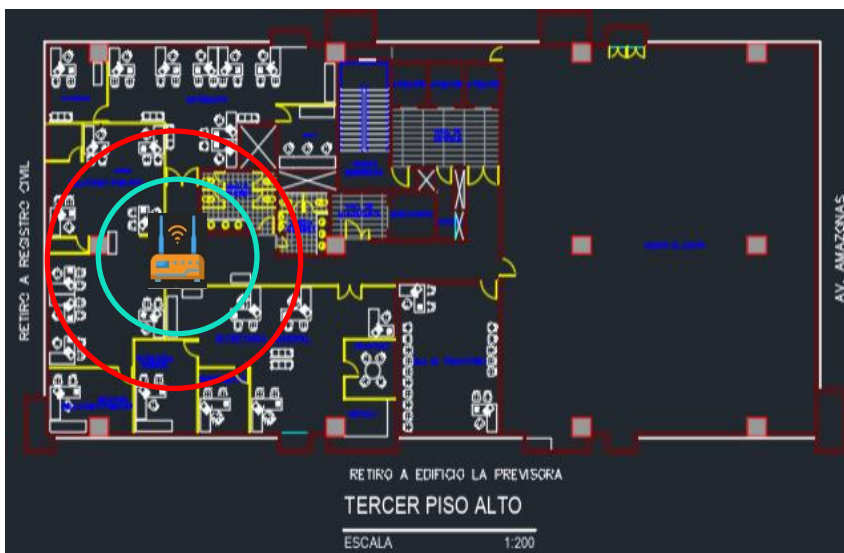
12 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ segundo piso



Nota: Autoría

En el tercer piso se encuentra ubicado 1 AP, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

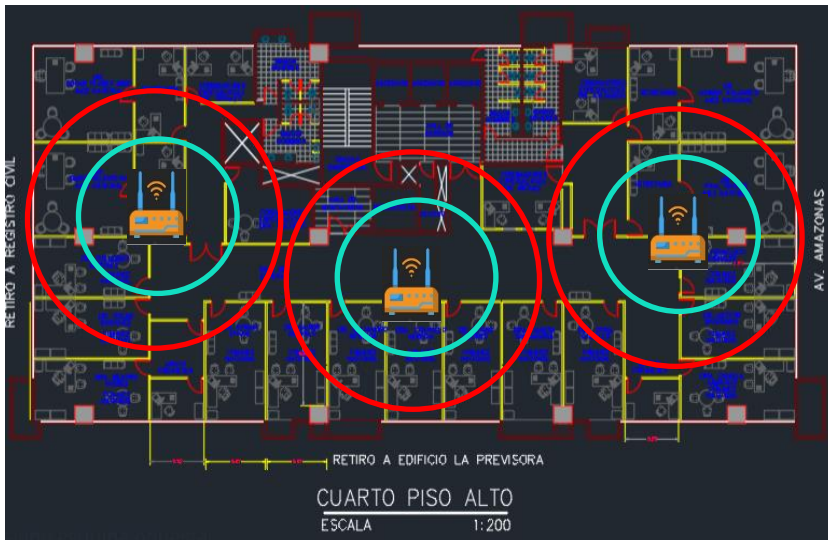
13 Figura. Ubicación de AP en Edificio CNJ tercer piso



Nota: Autoría

En el cuarto piso se encuentran ubicados 3 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

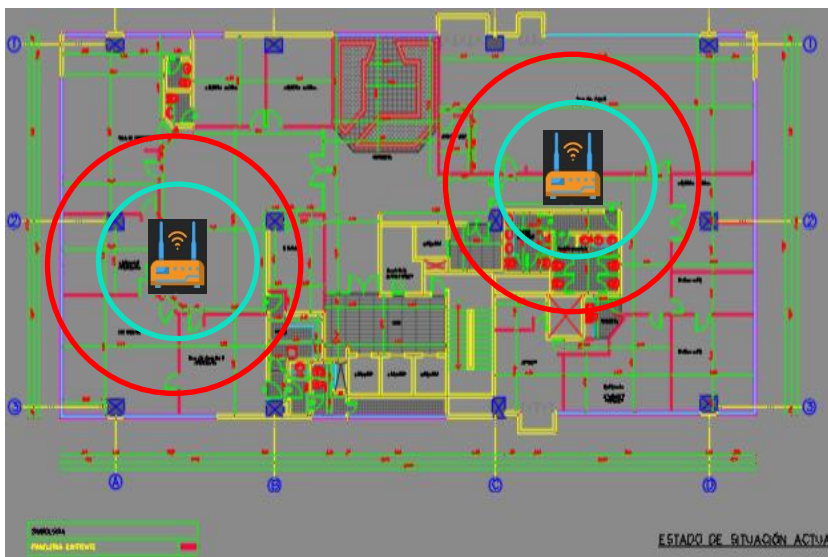
14 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ cuarto piso



Nota: Autoría

En el quinto piso se encuentran ubicados 2 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

15 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ quinto piso



Nota: Autoría

En el sexto piso se encuentran ubicados 3 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

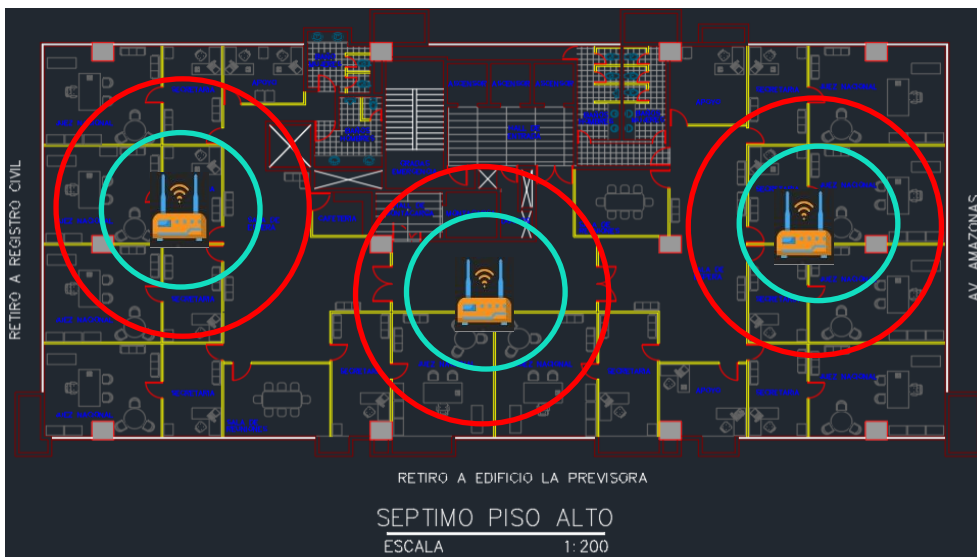
16 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ sexto piso



Nota: Autoría

En el séptimo piso se encuentran ubicados 3 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

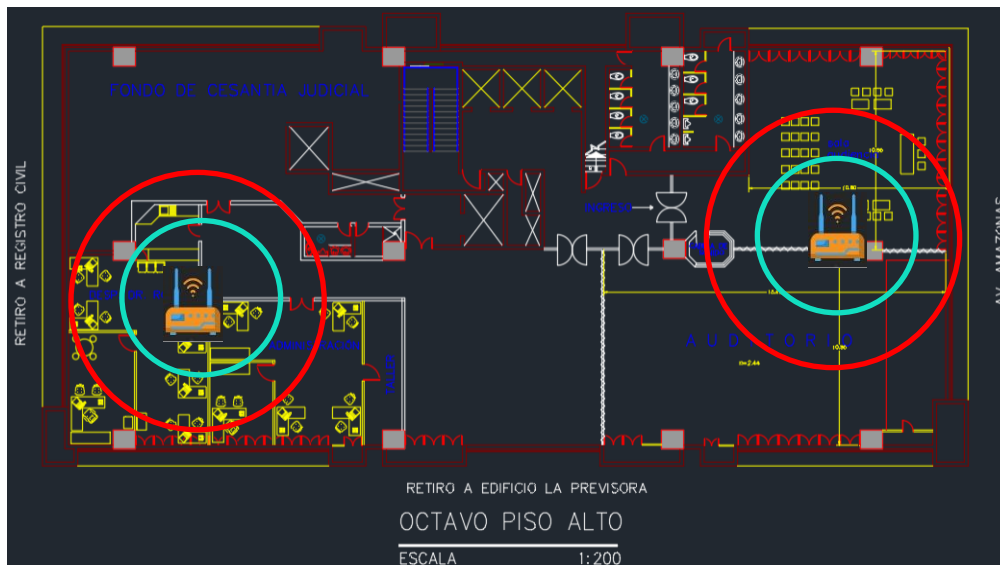
17 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ séptimo piso



Nota: Autoría

En el octavo piso se encuentran ubicados 2 APs, cuya cobertura no es óptima para la transmitir señal:

18 Figura. Ubicación de APs en Edificio CNJ octavo piso



Nota: Autoría

De acuerdo con las imágenes citadas anteriormente se pueden mirar las resoluciones oculares siguientes:

Una vez analizados los planos del edificio de la CNJ se puede observar que los Access Point tienen dos círculos gráficos en el piso analizado; estos se obtienen para muestras recolectadas dentro de la base AP, el primer círculo azul es una muestra recolectada en todos los ángulos posibles a unos 5 metros de la base, el siguiente círculo es rojo y muestra la señal con mejor calidad de cobertura.

Las áreas identificadas fuera del análisis principal en cada piso evidencian zonas con una cobertura marginal. Aunque la intensidad de la señal es baja en estas áreas, sigue siendo funcional y adecuada para su uso.

El presente análisis se ejecutó a todo el edificio (9 pisos) con que cuenta la CNJ, en la que está instalada la infraestructura de red inalámbrica Wi-Fi 4.

3.4. Análisis de Frecuencias de transmisión de las Redes Inalámbrica de la CNJ

Para el análisis básico de las frecuencias de las redes Wi-Fi de la CNJ, se utilizó el software NetSpot - Inspector, instalado en un equipo portátil DELL LATITUDE

3420-i7-1165G7 conectado a la red inalámbrica (SSID: CJ-FUNCIONARIOS), la cual es utilizada por los funcionarios para conectarse a la red. Se realizaron recorridos por los pisos del edificio mientras se monitoreaba la red Wi-Fi.

Con este aplicativo, se observó la información de la red, incluyendo: SSID, BSSID, gráfico (señal), canal, frecuencia, anchura del canal, banda, seguridad, modo, nivel de señal, promedio, máximo y mínimo.

Las capturas de pantalla de aplicativo NetSpot – Inspector, realizada en cada piso de la institución detalla las particularidades de cada Access Point, estas propiedades tienen encabezados los que corresponden a la siguiente información:

- **SSID** es la abreviatura de Service Set Identifier, o identificador de red de servicio, un SSID es el nombre que se asigna a una red Wi-Fi determinada, establece la conexión entre los equipos inalámbricos y la red que asigna los servicios de Internet, en nuestro caso es CJ-FUNCIONARIOS.
- **BSSID**: Es el identificador de conjunto de servicios básicos, además es único para cada equipo inalámbrico. En pocas palabras el BSSID es la dirección Mac del dispositivo.
- **Gráfico (Señal)**: Muestra en forma gráfica la señal de la red.
- **Canal**: Señala el canal en el que opera el punto de acceso.
- **Frecuencia**: Muestra la Frecuencia que ocupa el punto acceso.

- **Anchura del canal**: Indica el ancho de banda del canal en nuestro caso 20 MHz.
- **Banda**: Señala las bandas de frecuencia que ocupa de punto acceso, en nuestro caso 2,4 Ghz.
- **Seguridad**: Se refiere al tipo de seguridad tiene configurada el router.
- **Modo**: Describe los estándares de IEEE 802.11 a/b/g/n/ac; habilitados en el punto acceso, utilizados para mostrar emisiones inalámbricas.
- **Nivel (Señal)**: Muestra en forma gráfica el nivel que tiene la señal en una variedad de colores.
- **Señal %**: Indica que porcentaje de conexión se tiene.
- **Promedio**: Muestra el punto medio entre valor máximo y el valor mínimo.
- **Máximo**: Muestra el valor máximo de la medición.
- **Mínimo**: Indica el valor mínimo de la medición.

- **Visto por última vez:** Indica el tiempo el cual fue visto por última vez.

A continuación, se muestran las frecuencias Redes Wi-Fi de la CNJ

3.4.1 Frecuencia, Planta Baja

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 6, tiene una frecuencia de 2,437GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -38 dBm.

19 Figura. AP Planta Baja – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Mín.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:1D:4F:F3			6	2437	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-39	66	-39	-39	-83	hace 2 m...
CJ-INVIDADOS	68:86:A7:1D:4F:F1			6	2437	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-39	66	-39	-39	-75	hace 2 m...
<input checked="" type="checkbox"/> CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:1D:4F:F0			6	2437	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-38	67	-38	-38	-74	hace 2 m...

Nota: Autoría

3.4.2 Frecuencia, Mezzanine.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 11, tiene una frecuencia de 2,462GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -66 dBm.

20 Figura. AP Mezzanine – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Mín.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	CC:05:39:89:7D:B3			11	2462	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-69	31	-72	-63	-96	hace 8 m...
CJ-INVIDADOS	CC:05:39:89:7D:B1			11	2462	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-69	31	-75	-63	-96	hace 8 m...
<input checked="" type="checkbox"/> CJ-FUNCIONARIOS	CC:05:39:89:7D:B0			11	2462	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-66	35	-77	-62	-96	hace 8 m...

Nota: Autoría

3.4.3 Frecuencia, Primer Piso

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 1, tiene una frecuencia de 2,412GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -54 dBm

21 Figura. AP Primer Piso – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Mín.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:30:E7:F3			1	2412	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-55	48	-62	-55	-96	hace 4 m...
CJ-INVITADOS	68:86:A7:30:E7:F1			1	2412	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-55	48	-62	-55	-96	hace 4 m...
CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:30:E7:F0			1	2412	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-54	49	-70	-54	-96	hace 4 m...

Nota: Autoría

3.4.4 Frecuencia, Segundo Piso.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 6, tiene una frecuencia de 2,437GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -54 dBm.

22 Figura. AP Segundo Piso – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Mín.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:1C:DA:43			6	2437	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-56	47	-62	-55	-96	hace 8 m...
CJ-INVITADOS	68:86:A7:1C:DA:41			6	2437	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-53	50	-67	-53	-96	hace 8 m...
CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:1C:DA:40			6	2437	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-54	49	-60	-53	-96	hace 8 m...

Nota: Autoría

3.4.5 Frecuencia, Tercer Piso.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 6, tiene una frecuencia de 2,412GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -61 dBm.

23 Figura. AP Tercer Piso – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Min.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:57:42:F3			1	2412	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-62	40	-67	-48	-96	hace 1 m...
CJ-INVITADOS	68:86:A7:57:42:F1			1	2412	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-61	41	-67	-49	-96	hace 1 m...
CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:57:42:F0			1	2412	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-61	41	-67	-48	-96	hace 1 m...

Nota: Autoría

3.4.6 Frecuencia, Cuarto Piso.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 6, tiene una frecuencia de 2,412GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -43 dBm.

24 Figura. AP Cuarto Piso – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Min.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	CC:DS:39:89:80:03			6	2437	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-43	62	-69	-37	-96	hace 3 m...
CJ-INVITADOS	CC:DS:39:89:80:01			6	2437	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-43	62	-69	-37	-96	hace 3 m...
CJ-FUNCIONARIOS	CC:DS:39:89:80:00			6	2437	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-43	62	-68	-37	-96	hace 3 m...

Nota: Autoría

3.4.7 Frecuencia, Quinto Piso.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 1, tiene una frecuencia de 2,412GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -64 dBm.

25 Figura. AP Quinto Piso Baja – CNJ

NetSpot - Inspector

Inspector Estudio Planeando

Redes a tu alrededor

33 de 348 redes seleccionadas

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Min.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:30:AE:93			1	2412	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n	-64	37	-59	-41	-96	hace 3 m...	
CJ-INVITADOS	68:86:A7:30:AE:91			1	2412	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n	-64	37	-62	-41	-96	hace 3 m...	
CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:30:AE:90			1	2412	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n	-64	37	-63	-41	-96	hace 3 m...	

Nota: Autoría

3.4.8 Frecuencia, Sexto Piso.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 11, tiene una frecuencia de 2,4GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -64 dBm.

26 Figura. AP Planta Baja – CNJ

NetSpot - Inspector

Inspector Estudio Planeando

Redes a tu alrededor

33 de 344 redes seleccionadas

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Min.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:30:EB:A3			11	2462	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n	-63	38	-64	-42	-96	hace 2 m...	
CJ-INVITADOS	68:86:A7:30:EB:A1			11	2462	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n	-63	38	-64	-41	-96	hace 2 m...	
CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:30:EB:A0			11	2462	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n	-64	37	-64	-41	-96	hace 2 m...	

Nota: Autoría

3.4.9 Frecuencia, Séptimo Piso

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 1, tiene una frecuencia de 2,4GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -58 dBm.

27 Figura. AP Séptimo Piso – CNJ

NetSpot - Inspector

Inspector Estudio Planeando

Redes a tu alrededor

33 de 341 redes seleccionadas

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Min.	Visto por últ...
CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:30:EA:C3			1	2412	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n	-57	45	-68	-57	-96	hace 12...	
CJ-INVITADOS	68:86:A7:30:EA:C1			1	2412	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n	-58	44	-69	-58	-96	hace 12...	
CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:30:EA:C0			1	2412	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n	-58	44	-72	-58	-96	hace 12...	

Nota: Autoría

3.4.10 Frecuencia, Octavo Piso.

Se observa que el SSID: CJ-FUNCIONARIOS, ocupa el canal 11, tiene una frecuencia de 2,462GHz, el modo (estándar) es 802.11n, tiene una señal de -65 dB.

28 Figura. AP Octavo Piso – CNJ

SSID	BSSID	Alias	Gráfico (Señal)	Canal	Frecuencia	Anchura del canal	Banda	Seguridad	Fabricante	Tipo	Modo	Nivel (Señal)	Señal	Señal %	Promedio	Máx.	Mín.	Visto por últ...
<input type="checkbox"/> CJ-VIDEOCONFEREN...	68:86:A7:31:14:13			11	2462	20	2.4	WPA2-Personal	Cisco Sy...	manag...	n		-68	33	-64	-53	-68	hace 34...
<input type="checkbox"/> CJ-INVITADOS	68:86:A7:31:14:11			11	2462	20	2.4	Open	Cisco Sy...	manag...	n		-68	33	-64	-53	-68	hace 34...
<input checked="" type="checkbox"/> CJ-FUNCIONARIOS	68:86:A7:31:14:10			11	2462	20	2.4	WPA2-Enterpri...	Cisco Sy...	manag...	n		-65	36	-63	-54	-65	hace 34...

Nota: Autoría

3.5 Problemas encontrados en el Análisis de Frecuencia de la Red Wi-Fi de la CNJ.

Se identifica los siguientes problemas:

- La red inalámbrica de la corte nacional de justicia está formada por múltiples puntos de acceso repartidos entre los pisos del edificio para proporcionar la máxima cobertura Wi-Fi a todas las zonas sin embargo de 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 con la laptop o desktop, teléfono celular, 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 trasmisión 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.

- La actual distribución de los puntos de acceso no es la adecuada para brindar una conectividad aceptable para el funcionamiento de los equipos inalámbricos lo que merma el trabajo y por ende la atención al público.

Por los antecedentes expuestos se requiere un cambio, razón por lo cual se propone lo siguiente:

3.6 Propuesta de mejora a la situación actual.

Por los antecedentes expuestos se requiere un cambio, razón por lo cual se propone lo siguiente:

3.7 Ubicación de los puntos de acceso en el edificio principal.

Consecutivamente se muestra la ubicación óptima para los puntos de acceso en el edificio, utilizando la herramienta de simulación Airmagnet Planner, se muestra mostrando un mapa de cobertura con un límite de -70 dbm en intensidad de señal.

Se deben tener en cuenta los siguientes parámetros a la hora de escoger la ubicación de los equipos: área de cobertura, seguridad y la compatibilidad entre un dispositivo y otro para que trabaje como repetidor y proporcione roaming entre todos los dispositivos.

3.8 Mapas de calor de cada piso

3.8.1 Mapa calor, planta baja.

Para la planta baja, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

29 Figura. Mapa calor de equipos ubicados planta baja – CNJ, Airmagnet Planner



Nota: Autoría

3.8.2 Mapa calor, mezzanine.

Para el mezzanine, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

30 Figura. Mapa calor de equipos ubicados mezzanine – CNJ, Airmagnet Planner



Nota: Autoría

3.8.3 Mapa calor, primer piso.

Para el primer piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica:

31 Figura. Mapa Calor de equipos ubicados primer piso – CNJ, Airmagnet Planner



Nota: Autoría

3.8.4 Mapa calor, segundo piso.

Para el segundo piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

32 Figura. Mapa Calor de equipos ubicados segundo piso – CNJ, Airmagnet Planner

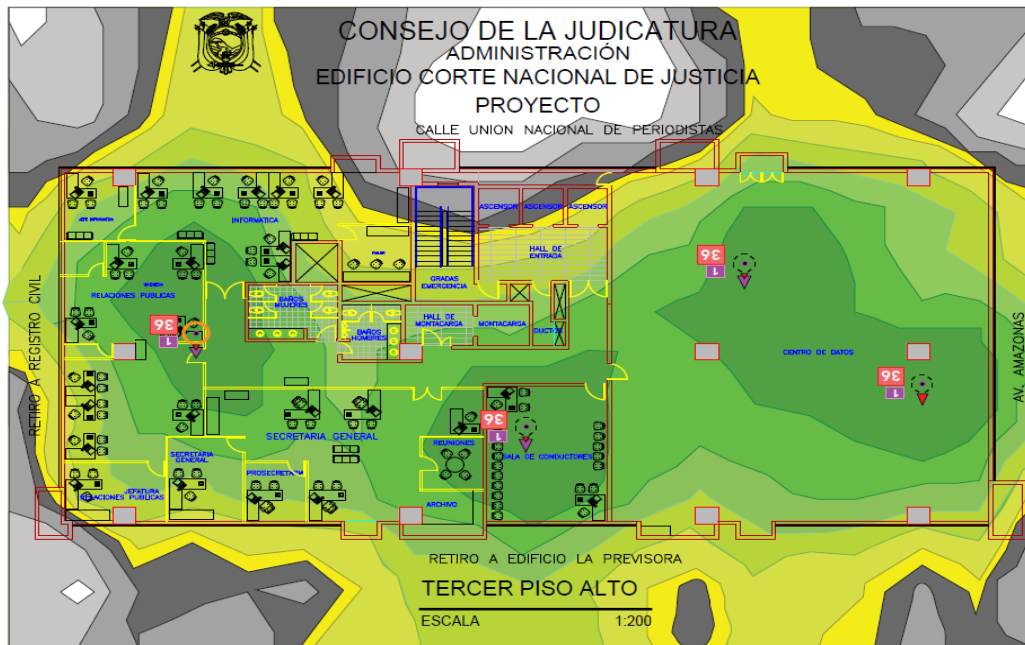


Nota: Autoría

3.8.5 Mapa calor, tercer piso.

Para el tercer piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica:

33 Figura. Mapa Calor de equipos ubicados tercer piso – CNJ, Airmagnet Planner

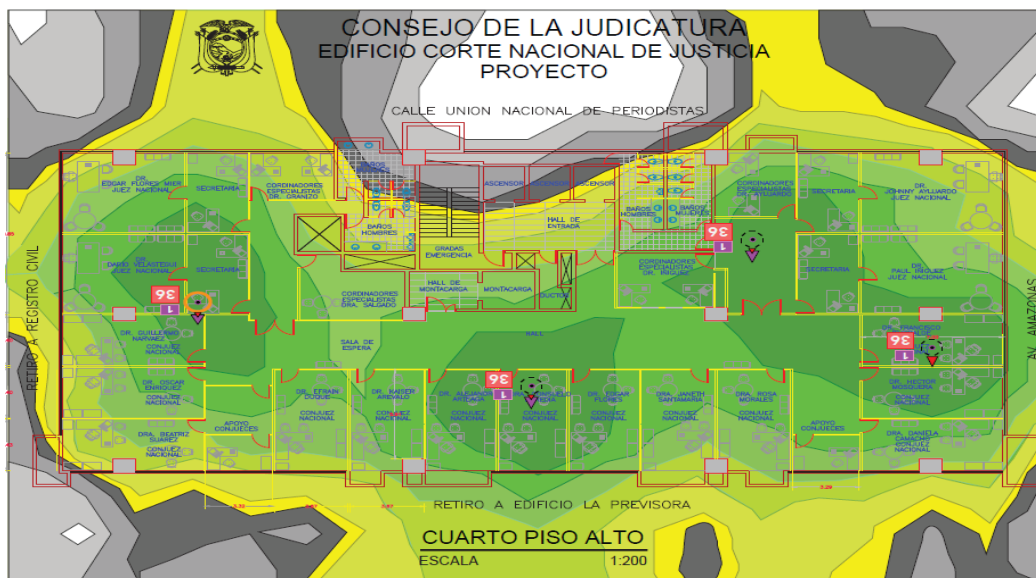


Nota: Autoría

3.8.6 Mapa calor, cuarto piso.

Para el cuarto piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

34 Figura. Mapa calor de equipos ubicados cuarto piso – CNJ, Airmagnet Planner

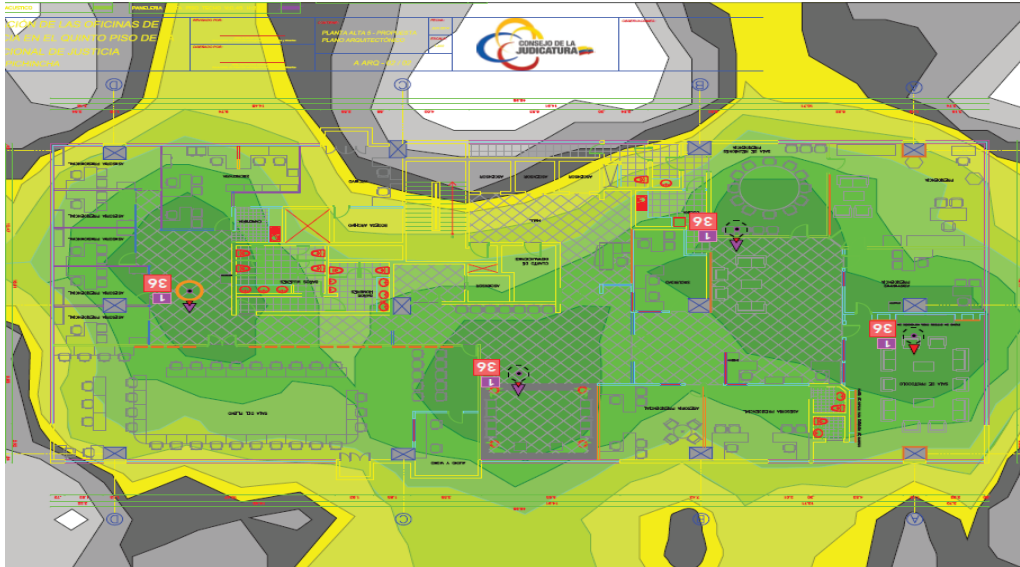


Nota: Autoría

3.8.7 Mapa calor, quinto piso

Para el quinto piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

35 Figura. Mapa calor de equipos ubicados quinto piso – CNJ, Airmagnet Planner

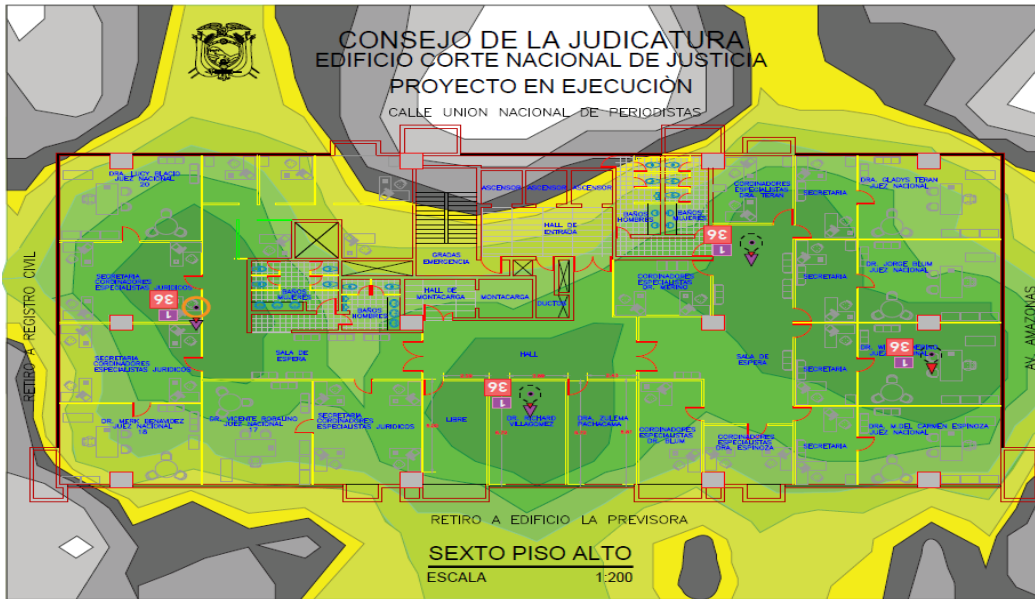


Nota: Autoría

3.8.8 Mapa calor, sexto piso

Para el segundo piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

36 Figura. Mapa calor de equipos ubicados sexto piso – CNJ, Airmagnet Planner



Nota: Autoría

3.8.9 Mapa calor, séptimo piso.

Para el séptimo piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

37 Figura. Mapa calor de equipos ubicados séptimo piso – CNJ, Airmagnet Planner



Nota: Autoría

3.8.10 Mapa calor, octavo piso.

Para el octavo piso, se observó que se requieren 4 puntos de acceso, para tener una mejor cobertura de señal inalámbrica.

38 Figura. Mapa calor de equipos ubicados octavo piso – CNJ, Airmagnet Planner



Nota: Autoría

3.9 Mejora a la situación actual, con base a los mapas de calor

Se propone una nueva reestructuración de la red Wi-Fi del edificio de la CNJ, con la señal de cobertura de mejor calidad resaltada en color verde mientras que la señal de alcance periférico esta resaltada de color amarillo.

La reorganización de la nueva zona de señal implica una nueva disposición de los puntos de acceso que permite la emisión de señales óptimas. La propuesta se basa, en particular, en los criterios encontrados para el rendimiento y la polarización de las antenas, que permiten que los dispositivos se muevan y garantizan una buena cobertura. a niveles de señal ideales.

Con la reorganización de las coberturas en los mapas de calor se redujo los sitios muertos encontrados en el análisis, proporcionando así mejores señales de la red WiFi.

La localización de los puntos de acceso toma en cuenta componentes que no quedan excluidos de la nueva asignación, tales como: obstrucción de estructuras físicas, ubicaciones cercanas a otras señales Wi-Fi que operan en el mismo canal y por ende sus características físicas en los puntos de acceso se disponen de forma equiparada.

Con base de la información de la infraestructura actual se pretende una

implementación de red Wi-Fi 6, que garantice la conectividad y operatividad continua de los usuarios entendiendo que es una institución pública que brinda atención a usuarios.

Tabla 6: Resumen de la Situación Actual y Propuesta de Mejora

Aspecto	Situación Actual	Propuesta de Mejora con Wi-Fi 6
Frecuencia de Transmisión	Uso de 2.4 GHz, con canales congestionados y señales inestables.	Optimización de la frecuencia con Wi-Fi 6, mejorando la eficiencia espectral.
Cobertura de la Red	Áreas con baja cobertura, especialmente en pisos superiores.	Redistribución de puntos de acceso basada en mapas de calor para mejorar cobertura.
Congestión de la Red	Alta congestión debido a múltiples dispositivos conectados simultáneamente.	Reducción de congestión con Wi-Fi 6 y sus tecnologías OFDMA y MU-MIMO.
Conexiones Intermitentes	Saturación de puntos de acceso y baja calidad de señal.	Mejora de la estabilidad con Wi-Fi 6, que reduce interferencias y pérdidas de señal.
Distribución de Puntos de Acceso	Puntos de acceso mal distribuidos, limitando la calidad de la señal.	Reubicación optimizada de los puntos de acceso, mejorando la cobertura en un 45%.
Tecnología Actual	Estándar 802.11n (Wi-Fi 4) con rendimiento limitado.	Implementación de Wi-Fi 6, ofreciendo hasta 9.6 Gbps.

Nota: Autoría

3.6.3 Análisis de Métricas Clave de la Red Wi-Fi de la CNJ

En base a los resultados obtenidos de los mapas de calor y la información proporcionada sobre la red de cada piso de la Corte Nacional de Justicia (CNJ), se ha realizado un análisis detallado de las métricas clave de la red Wi-Fi, tales como Throughput, Latencia y Tasa de Pérdida de Paquetes. Estos resultados son fundamentales para comprender las deficiencias actuales de la red y justificar las mejoras esperadas con la implementación de Wi-Fi 6.

A continuación, se presentan las métricas clave actuales y las expectativas de mejora

una vez se complete la migración a Wi-Fi 6, que proporcionará una mayor eficiencia y estabilidad en la red:

1. Throughput (Rendimiento de la Red):

Según los mapas de calor y el análisis realizado en cada piso, actualmente la red Wi-Fi de la CNJ tiene un rendimiento promedio de 50-100 Mbps. Esto se debe a la sobrecarga de usuarios conectados simultáneamente en los diferentes puntos de acceso, lo que limita significativamente el rendimiento de la red.

Con la implementación de Wi-Fi 6, se espera que el throughput se incremente hasta 9.6 Gbps por punto de acceso, proporcionando un rendimiento superior y estable incluso en áreas con alta densidad de usuarios.

2. Latencia:

En la red actual de la CNJ, la latencia oscila entre 150-200 ms, lo que afecta negativamente las aplicaciones que requieren tiempo real, como videoconferencias y consultas de bases de datos.

Sin embargo, con Wi-Fi 6, se espera que la latencia se reduzca significativamente, alcanzando 30-50 ms, lo que mejorará la respuesta de las aplicaciones y facilitará una experiencia más fluida tanto para funcionarios como para ciudadanos.

3. Tasa de Pérdida de Paquetes:

La tasa de pérdida de paquetes actual en la red es del 5%, lo que genera desconexiones y transmisiones ineficaces. Esta tasa disminuirá a menos del 0.5% con la adopción de Wi-Fi 6, debido a la mejora en la gestión de tráfico proporcionada por OFDMA y MU-MIMO. Esto garantizará una conexión más confiable y optimizará la experiencia de los usuarios.

Tabla 7. Métricas Clave de la Red Wi-Fi de la CNJ

Métrica	Estado Actual	Estado Esperado con Wi-Fi 6	Mejora Estimada
Throughput (Rendimiento de la Red)	50-100 Mbps	Hasta 9.6 Gbps	Aumento de hasta 9600%, proporcionando un rendimiento estable.
Latencia	150-200 ms	30-50 ms	Reducción de hasta un 70%, lo que mejora las aplicaciones en tiempo real.
Tasa de Pérdida de Paquetes	5%	Menos del 0.5%	Reducción de hasta el 90%, mejorando la estabilidad de la conexión y reduciendo desconexiones.
Cobertura de la Red	Áreas con baja señal.	Cobertura optimizada en todo el edificio.	Mejora en la distribución de la señal, eliminando áreas de baja cobertura (sitios muertos).
Congestión de la Red	Alta	Reducción significativa de congestión.	Mejora de la gestión de la red en un 60%.
Experiencia del Usuario	Conexión intermitente	Conexión rápida y estable.	Mejora generalizada en la velocidad, estabilidad y capacidad de la red.

Nota: Autoría

CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA PROPUESTA TÉCNICO ECONOMICO PARA LA MIGRACION A WIFI 6

4.1 Metodología y fases de trabajo

Esta propuesta se fundamenta en los principios del método científico, siguiendo los pasos necesarios para asegurar su correcta aplicación (Herrera, Medina, Naranjo, 2008). La investigación está orientada al diseño de una red que optimice la conectividad de la institución con el objetivo de potenciar el desempeño de los funcionarios que allí trabajan.

Observación: En esta etapa, se realizó una observación detallada de los componentes y equipos de la red Wi-Fi, así como su distribución actual en la CNJ, con el propósito de registrarlos y analizarlos de manera exhaustiva.

4.2 Evaluación y análisis detallado

En esta fase, se llevó a cabo el levantamiento de información sobre el estado actual de la red inalámbrica de la institución, con el objetivo de identificar las necesidades existentes que deben ser abordadas mediante el nuevo diseño.

Posteriormente, se ejecutó una investigación académica en libros, artículos especializados y fuentes en línea para definir las características que deben incluirse en el modelo. La información recopilada fue documentada en formatos impresos, analizada y utilizada para estructurar la sugerencia. Con la cual se escogerá los equipos que cumplen con las características de la norma 802.11ax, motivo del presente estudio.

4.3 Propuesta para el diseño de la nueva red

Con el propósito de optimizar la situación actual de la entidad en cuanto a la conexión wifi, se consideró diseñar para su implementación posterior una nueva estructura de red.

Se procedió con el diseño de la red, usando simuladores en nuestro caso software Airmagnet Planner, para cubrir todo el espacio físico de la institución. Se tomaron en cuenta los datos obtenidos Netspot-Inspector. Esto permitió identificar las ubicaciones óptimas para los puntos de acceso en las áreas designadas. Durante el proceso de

diseño de la red, se tomaron en cuenta las recomendaciones proporcionadas por el personal del Departamento de TIC de la Corte Nacional de Justicia. Posteriormente, se definieron los puntos de acceso dentro de la institución y se elaboraron planos detallados para determinar la ubicación exacta de los equipos.

4.3.1 Presentación del plan y análisis de resultados mediante simulación

Se elaboró un informe detallado que resume las actividades realizadas durante el desarrollo de este proyecto. Dicho informe fue presentado a las autoridades de la institución con el propósito de que puedan evaluarlo y tomar decisiones informadas sobre la gestión de los recursos necesarios para su implementación.

4.4 Análisis comparativo de tecnologías utilizables para el diseño de la red WLAN

Los Cuadrantes Mágicos de Gartner se han vuelto una importante fuente de información para las entidades que necesitan orientación sobre diferentes productos y servicios en el ámbito de la tecnología y el análisis empresarial. Estas representaciones gráficas brindan información preciada sobre las tendencias del mercado, las ofertas de los proveedores y el panorama competitivo. Con el paso de años, dichos Cuadrantes han experimentado cambios para ajustarse a la dinámica constante del mercado y a las exigencias de los consumidores.

De acuerdo con la figura 39, las tres primeras empresas que encabezan Cuadrante Mágico de Gartner del 2022 para infraestructura LAN empresarial cableada e inalámbrica, son Juniper, HPE (Aruba) y Cisco.

La CNJ en su infraestructura tecnológica implementada para la redes físicas e inalámbricas, utiliza dispositivos de la marca CISCO la misma que es considerada una de las líderes a nivel mundial por su trayectoria en la fabricación, ventas, soporte y garantías. Razón por la cual su nombre está registrado en el en el cuadrante de Gartner para para infraestructura LAN empresarial cableada e inalámbrica.

39 Figura. Cuadrante Mágico de Gartner 2024 para infraestructura LAN empresarial cableada e inalámbrica.



Nota: (Gartner Wired and Wireless LAN Access Infrastructure 2024, n.d.)

Tanto Juniper, HPE (Aruba) y Cisco, son los principales proveedores mundiales de soluciones de redes empresariales, las tres compañías brindan un amplio rango de productos y servicios de redes, incluidos conmutadores, enrutadores, puntos de acceso inalámbrico, firewalls, seguridad de redes y administración de redes.

4.4.1 Juniper Networks.

Es una empresa estadounidense fundada en 1996, se encuentra ubicado en el Cuadrante de Gartner 2022 en el primer lugar en el ámbito de infraestructura LAN inalámbrica, esta empresa diseña, produce y comercializa productos y servicios de red. Se centra en las redes de acceso, de alto rendimiento, las soluciones de nube y virtualización, cuenta con un controlador que le permite la gestión y la administración sobre los puntos acceso

Posteriormente se muestran la distribución de los distintos modelos desglosados por nivel de punto de acceso.

Tabla 8. Comparación Access Point Marca Juniper

JUNIPER ACCESS POINT			
Modelos	Norma Wi-Fi 6E 802.11ax; (Wi-Fi 6) 4x4:4 SS	Frecuencias Soportadas 2.4 GHz, 5 GHz, 6 GHz	Usuarios 500 / 1000 Usuarios
JUNIPER AP45	X	X	X
JUNIPER AP43	X	X	X
JUNIPER AP33	X	X	X

Nota: Autoría

4.4.2 HPE (Aruba).

Es una compañía estadounidense fundado en 2002, considerada una de las líderes en términos de redes empresariales, razón por la cual se encuentra ubicada en la segunda posición en el cuadrante de gartner. Al igual que Juniper, Aruba también se centra más en las redes de acceso, cuenta con un controlador que le permite la gestión y la administración sobre los puntos acceso.

A continuación, se describen detalladamente las distintas series de puntos de acceso de esta marca:

Tabla 9. Comparación Access Point Marca HPE

HPE ACCESS POINT			
Modelos	Norma Wi-Fi 6E 802.11ax; (Wi-Fi 6) 4x4 MIMO y 2X2 MIMO	Frecuencias Soportadas 2.4 GHz, 5 GHz	Usuarios 500 / 1000 Usuarios
JUNIPER AP45	X	X	X
JUNIPER AP43	X	X	X
JUNIPER AP33	X	X	X

Nota: Autoría

4.4.3 Cisco.

Es una empresa estadounidense fundada en 1984, forma parte de los principales proveedores de soluciones en el ámbito de infraestructura WLAN para empresas y sus productos se utilizan en una amplia variedad de industrias, por lo que ocupa el tercer lugar del cuadrante de Gartner, dispone de un controlador que permite dirigir y gestionar los puntos de acceso.

Seguidamente, presentaremos en detalle los diferentes series o familias de puntos de acceso de la marca:

Tabla 10. Comparación Access Point Marca Cisco

CISCO CATALYST 9100 FAMILY ACCESS POINT			
Modelos	NORMA 802.11 ax	CLEANAIR 2.4 GHz (4X4)	USUARIOS 500 / 1000 USUARIOS
Catalyst 9130 Series	X	X	X
Catalyst 9120 Series	X	X	X
Catalyst 9115 Series	X	X	X

Nota: Autoría

El modelo que se adecua en función de las necesidades de la CNJ, tanto en número de usuario y los beneficios de costos es Access Point Cisco Catalyst 9130 Series.

Es utilizado para despliegues grandes, tiene cinco radios: 2,4 GHz (4x4), 5 GHz (8x8 y 4x4), Cisco RF ASIC y BLE/IoT; Cisco Flexible Radioasignación (FRA) y Cisco CleanAir Technology; posee capacidades de largo alcance, además este tipo de dispositivo soporta un número aproximado entre 500 y 1000 usuarios concurrentes al mismo tiempo.

A continuación, se muestra en una tabla que resume las similitudes y diferencias entre las tres empresas más importantes que están dentro de los Cuadrantes Mágicos de Gartner:

Tabla 11. Similitudes y diferencias empresas de los Cuadrantes Mágicos de Gartner.

Característica	Juniper	HPE (Aruba)	Cisco
Tamaño y alcance	Grande	Grande	Grande
Enfoque en la innovación	Alto	Alto	Alto
Orientación al cliente	Alta	Alta	Alta
Precio	Asequible	Asequible	Asequible
Foco	Redes de alto rendimiento	Redes de acceso	Gama completa
Estrategia	Nube y virtualización	Nube y virtualización	Redes tradicionales

Nota: Autoría

De acuerdo con las marcas escogidas y referencias en cuanto a funcionalidades y características se pueden verificar que cualesquiera de las marcas establecidas se encuentran aptas para la implementación.

Como es el caso de la CNJ, se obtiene algunos beneficios en la marca Cisco, por

ende, se acoge a la marca, ya que toda la infraestructura montada contiene equipos de la marca citada.

4.5 Análisis técnico de los equipos propuestos Cisco C9800-L-F-K9 y Cisco C9130AXI-A.

4.5.1 Cisco C9800-L-F-K9

Es un controlador inalámbrico perteneciente a la serie Catalyst 9800-L, diseñado para optimizar la gestión de redes Wi-Fi con un alto nivel de eficiencia. A continuación, se destacan sus principales características técnicas:

Beneficios del Controlador Inalámbrico Cisco C9800-L-F-K9

El Cisco C9800-L-F-K9 es un controlador inalámbrico diseñado específicamente para administrar redes Wi-Fi 6 en entornos empresariales. Entre sus principales ventajas destacan:

- **Gestión centralizada:** Ofrece un control unificado de la red, facilitando tanto la configuración como el monitoreo, lo que mejora la eficiencia operativa.
- **Escalabilidad:** Permite soportar hasta 250 puntos de acceso y 5,000 clientes simultáneos, siendo una solución ideal para organizaciones medianas y grandes que necesitan expandir su infraestructura.
- **Seguridad avanzada:** Incorpora herramientas como Cisco DNA Assurance y Cisco TrustSec, las cuales garantizan la protección de los datos y previenen posibles intrusiones en la red.
- **Redundancia y alta disponibilidad:** Admite actualizaciones sin interrupciones y cuenta con mecanismos de recuperación automática en caso de fallos, asegurando una conectividad continua.
- **Integración con Cisco DNA Center:** Utiliza inteligencia artificial para realizar análisis predictivo y optimizar el rendimiento de la red, ofreciendo una gestión proactiva y adaptable a las necesidades cambiantes de la empresa.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas del equipo:

Tabla 12. Características Técnicas Cisco C9800-LF-K9

CISCO C9800-LF-K9	
Component	Specification
Maximum number of access points	250
Maximum number of clients	5000
Maximum throughput	5 Gbps
Maximum WLANs	4096
Fixed uplinks	2x 10G/Multigigabit copper or 2x 10G/Multigigabit fiber
Power supply	110W, 12VDC, AC/DC adapter
Deployment modes	Centralized, Cisco FlexConnect®, and fabric
License	Smart License enabled
Software	Cisco IOS XE
Management	Cisco DNA Center, Cisco Prime® Infrastructure, and third party (open standards APIs)
Interoperability	AireOS-based controllers
Access points	Cisco Aironet® 802.11ac Wave 1 and Wave 2 access points, Cisco Catalyst 9100 802.11ax access points
Wireless	IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11d, WMM/802.11e, 802.11h, 802.11n, 802.11k, 802.11r, 802.11u, 802.11w, 802.11ac Wave1 and Wave2, 802.11ax
Wired, switching, and routing	IEEE 802.3 10BASE-T, IEEE 802.3u 100BASE-TX specification, 1000BASE-T, 1000BASE-SX, 1000-BASE-LH, IEEE 802.1Q VLAN tagging, IEEE 802.1AX Link Aggregation

<p>Security standards</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wi-Fi Protected Access (WPA) • IEEE 802.11i (WPA2, RSN) • RFC 1321 MD5 Message-Digest Algorithm • RFC 1851 ESP Triple DES Transform • RFC 2104 HMAC: Keyed-Hashing for Message Authentication • RFC 2246 TLS Protocol Version 1.0 • RFC 2401 Security Architecture for the Internet Protocol • RFC 2403 HMAC-MD5-96 within ESP and AH • RFC 2404 HMAC-SHA-1-96 within ESP and AH • RFC 2405 ESP DES-CBC Cipher Algorithm with Explicit IV • RFC 2407 Interpretation for ISAKMP • RFC 2408 ISAKMP • RFC 2409 IKE • RFC 2451 ESP CBC-Mode Cipher Algorithms • RFC 3280 Internet X.509 PKI Certificate and CRL Profile • RFC 4347 Datagram Transport Layer Security • RFC 5246 TLS Protocol Version 1.2
<p>Encryption</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Wired Equivalent Privacy (WEP) RC4 40, 104 and 128 bits (both static and shared keys) • Advanced Encryption Standard (AES): Cipher Block Chaining (CBC), Counter with CBC-MAC (CCM), Counter with Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol (CCMP) • Data Encryption Standard (DES): DES-CBC, 3DES • Secure Sockets Layer (SSL) and Transport Layer Security (TLS): RC4 128-bit and RSA 1024- and 2048-bit • DTLS: AES-CBC • IPsec: DES-CBC, 3DES, AES-CBC • 802.1AE MACsec encryption

<p>Authentication, Authorization, and Accounting (AAA)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.1X • RFC 2548 Microsoft Vendor-Specific RADIUS Attributes • RFC 2716 PPP EAP-TLS • RFC 2865 RADIUS Authentication • RFC 2866 RADIUS Accounting • RFC 2867 RADIUS Tunnel Accounting • RFC 2869 RADIUS Extensions • RFC 3576 Dynamic Authorization Extensions to RADIUS • RFC 5176 Dynamic Authorization Extensions to RADIUS • RFC 3579 RADIUS Support for EAP • RFC 3580 IEEE 802.1X RADIUS Guidelines • RFC 3748 Extensible Authentication Protocol (EAP) • Web-based authentication • TACACS support for management users
<p>Management</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Simple Network Management Protocol (SNMP) v1, v2c, v3 • RFC 854 Telnet • RFC 1155 Management Information for TCP/IP-Based Internets • RFC 1156 MIB • RFC 1157 SNMP • RFC 1213 SNMP MIB II • RFC 1350 TFTP • RFC 1643 Ethernet MIB • RFC 2030 SNMP • RFC 2616 HTTP • RFC 2665 Ethernet-Like Interface Types MIB • RFC 2674 Definitions of Managed Objects for Bridges with Traffic Classes, Multicast Filtering, and Virtual Extensions • RFC 2819 RMON MIB • RFC 2863 Interfaces Group MIB • RFC 3164 Syslog • RFC 3414 User -Based Security Model (USM) for SNMPv3 • RFC 3418 MIB for SNMP • RFC

	<p>3636 Definitions of Managed Objects for IEEE 802.3 MAUs • RFC 4741 Base NETCONF protocol • RFC 4742 NETCONF over SSH • RFC 6241 Network Configuration Protocol (NETCONF) • RFC 6242 NETCONF over SSH • RFC 5277 NETCONF event notifications • RFC 5717 Partial Lock remote Procedure Call • RFC 6243 With-Defaults capability for NETCONF • RFC 6020 YANG • Cisco private MIBs</p>
Management interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • Web-based: HTTP/HTTPS • Command-line interface: Telnet, Secure Shell (SSH) Protocol, serial port • Cisco Prime Infrastructure
Environmental conditions supported	<p>Operating temperature: • 32° to 104°F (0° to 40°C)</p> <p>Note: The maximum temperature is derated by 1.0°C for every 1000 ft (305 m) of altitude above sea level.</p> <p>Nonoperating temperature: • -13° to 158°F (-25° to 70°C)</p> <p>Operating humidity: • 10% to 95% noncondensing Nonoperating humidity: • 0% to 95% noncondensing Altitude: • Operating altitude: 0 to 3000 m (0 to 10,000 ft) •</p>

	<p>Nonoperating altitude: 0 to 12,192 m (0 to 40,000 ft.)</p> <p>Electrical input:</p> <ul style="list-style-type: none"> AC input frequency range: 47 to 63 Hz • AC input range: 90 to 264 VAC Maximum power: 9800-LC max measured power = 86.9W (with 4.5W USB load) 9800-LF max measured power = 84.5W (assumes 2pc 2.5W SFP and with 4.5W USB load)
Regulatory compliance	<p>Safety:</p> <ul style="list-style-type: none"> UL/CSA 60950-1 • IEC/EN 60950-1 • AS/ NZS 60950.1 • CAN/ CSA-C22.2 No. 60950-1 <p>EMC - Emissions:</p> <ul style="list-style-type: none"> FCC 47CFR15 • AS/NZS CISPR 22 • CISPR 22 EN55022/EN55032 (EMI-1) • ICES-003 • VCCI • KN 32 (EMI-2) • CNS-13438

Nota: (Cisco Catalyst 9800-L Wireless Controller Data Sheet, 2024)

4.5.2 Cisco C9130AXI-A

Son la próxima generación de puntos de acceso empresarial. Son resistentes, seguros e inteligentes. A continuación, se destacan sus principales características técnicas:

Beneficios del Punto de Acceso Cisco C9130AXI-A

El Cisco C9130AXI-A es un punto de acceso de alto rendimiento diseñado para

optimizar redes Wi-Fi 6 en entornos empresariales. Sus principales características son:

- **Altas velocidades y cobertura ampliada:** Compatible con las bandas de 2.4 GHz y 5 GHz, ofrece un rendimiento superior, soportando un mayor número de dispositivos con conexiones más rápidas y estables.
- **Capacidad para entornos de alta densidad:** Diseñado para manejar múltiples conexiones simultáneamente, es ideal para espacios de alta concurrencia, como oficinas, hospitales, centros educativos y auditorios.
- **Tecnología de antena inteligente:** Mejora la cobertura al ajustar dinámicamente las señales y reduce las interferencias en entornos con alta complejidad y tráfico.
- **Soporte para IoT:** Integra compatibilidad con tecnologías como BLE (Bluetooth Low Energy) y Zigbee, facilitando la conexión de dispositivos de Internet de las Cosas (IoT).
- **Seguridad de última generación:** Es compatible con el estándar WPA3, ofreciendo una capa adicional de protección para las comunicaciones inalámbricas.

A continuación, se muestran las especificaciones técnicas del equipo:

Tabla 13. Características Técnicas Cisco C9130AXI-A

CISCO C9130AXI-A	
Component	Specification
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Catalyst 9130AXE • Cisco Unified Wireless Network Software Release 8.10MR1 or later • Cisco IOS® XE Software Release 17.1.1 s or later
Supported wireless LAN controllers	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco Catalyst 9800 Series Wireless Controllers • Cisco 3504, 5520, and 8540 Wireless Controllers and Cisco Virtual Wireless Controller
	<ul style="list-style-type: none"> • 4x4 MIMO with four spatial streams • Maximal Ratio Combining (MRC)

<p>802.11n version 2.0 (and related) capabilities</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11n and 802.11a/g • 20- and 40-MHz channels • PHY data rates up to 1.5 Gbps (40 MHz with 5 GHz and 20 MHz with 2.4 GHz) • Packet aggregation: Aggregate MAC Protocol Data Unit (A-MPDU) (transmit and receive), Aggregate MAC Service Data Unit (A-MSDU) (transmit and receive) • 802.11 Dynamic Frequency Selection (DFS) • Cyclic Shift Diversity (CSD) support
<p>802.11ac</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8x8 downlink MU-MIMO with eight spatial streams • MRC • 802.11ac beamforming • 20-, 40-, 80-, and 160-MHz channels • PHY data rates up to 6.9 Gbps (160 MHz with 5 GHz) • Packet aggregation: A-MPDU (transmit and receive), A-MSDU (transmit and receive) • 802.11 DFS • CSD support • WPA3 support
<p>802.11ax</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 8x8 uplink/downlink MU-MIMO with eight spatial streams • Uplink/downlink OFDMA • TWT • BSS coloring • MRC • 802.11ax beamforming • 20-, 40-, 80-, and 160-MHz channels • PHY data rates up to 10 Gbps (160 MHz with 5 GHz and 20 MHz with 2.4 GHz) • Packet aggregation: A-MPDU (transmit and receive), A-MSDU (transmit and receive) • 802.11 DFS • CSD support • WPA3 support

Integrated antenna	<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz: Peak gain 4 dBi, internal antenna, omnidirectional in azimuth • 5 GHz: Peak gain 6 dBi, internal antenna, omnidirectional in azimuth
External antenna with Smart antenna connector	<ul style="list-style-type: none"> • The Cisco Catalyst 9130AXE Access Point is certified for use with antenna gains up to 13 dBi (2.4 GHz and 5 GHz) • Cisco offers the industry's broadest selection of antennas, delivering optimal coverage for a variety of deployment scenarios • Supports Self-Identifiable Antennas (SIA) on the Smart antenna connector • Smart antenna connector is a compact multi-RF connector with 8-DART interface • Requires the AIR-CAB002-D8-R= 2-ft smart antenna connector when used with antennas with a RP-TNC connector • Requires the AIR-CAB003-D8-N= 3 ft smart antenna connector when used with AIR-ANT2513P4M-N= antenna
Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • 1x 100, 1000, 2500, 5000 Multigigabit Ethernet (RJ-45) – IEEE 802.3bz • Management console port (RJ-45) • USB 2.0 at 4.5W (enabled via future software)
Indicators	<ul style="list-style-type: none"> • Status LED indicates boot loader status, association status, operating status, boot loader warnings, and boot loader errors
Dimensions (W x L x H)	<ul style="list-style-type: none"> • Access point (without mounting brackets): - C9130AXE: 9.17 x 9.17 x 1.58 in. (23.3 x 23.3 x 4.0 cm)
Environmental	<p>Cisco Catalyst 9130AXE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nonoperating (storage) temperature: -22° to 158°F (-30° to 70°C) • Nonoperating (storage) altitude test: 25°C, 15,000 ft (4600 m) • Operating temperature: -4° to 122°F (-20° to 50°C) • Operating humidity: 10% to 90% (noncondensing) • Operating altitude test: 40°C, 9843 ft.(3000 m)
System memory	<ul style="list-style-type: none"> • 2048 MB DRAM • 1024 MB flash
Warranty	Limited lifetime hardware warranty

<p>Available transmit power settings</p>	<p>2.4 GHz</p> <ul style="list-style-type: none"> • 23 dBm (200 mW) • 20 dBm (100 mW) • 17 dBm (50 mW) • 14 dBm (25 mW) • 11 dBm (12.5 mW) • 8 dBm (6.25 mW) • 5 dBm (3.13 mW) • 2 dBm (1.56 mW) • -1 dBm (0.79 mW) • -4 dBm(0.39 mW) <p>5 GHz</p> <ul style="list-style-type: none"> • 26 dBm (400 mW) • 23 dBm (200 mW) • 20 dBm (100 mW) • 17 dBm (50 mW) • 14 dBm (25 mW) • 11 dBm (12.5 mW) • 8 dBm (6.25 mW) • 5 dBm (3.13 mW) • 2 dBm (1.56 mW) • -1 dBm (0.79 mW)
<p>Maximum number of nonoverlapping channels</p>	<p>2.4 GHz</p> <ul style="list-style-type: none"> • 802.11b/g: - 20 MHz: 3 • 802.11n: - 20 MHz: 3 • 802.11ax: - 20 MHz: 3 <p>5 GHz</p> <ul style="list-style-type: none"> • 802.11a: - 20 MHz: 26 FCC, 16 EU

	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11n: <ul style="list-style-type: none"> - 20 MHz: 26 FCC, 16 EU - 40 MHz: 12 FCC, 7 EU • 802.11ac/ax: <ul style="list-style-type: none"> - 20 MHz: 26 FCC, 16 EU - 40 MHz: 12 FCC, 7 EU - 80 MHz: 5 FCC, 3 EU - 160 MHz 2 FCC, 1 EU <p>Note: This varies by regulatory domain. Refer to the product documentation for specific details for each regulatory domain.</p>
Compliance standards	<ul style="list-style-type: none"> • Safety: <ul style="list-style-type: none"> - IEC 60950-1 - EN 60950-1 - UL 60950-1 - CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1 - AS/NZS60950.1 - UL 2043 - Class III equipment • Emissions: <ul style="list-style-type: none"> - CISPR 32 (rev. 2015) - EN 55032 (rev. 2012/AC:2013) - EN 55032 (rev. 2015) - EN61000-3-2 (rev. 2014) - EN61000-3-3 (rev. 2013) - AS/NZS CISPR 32 Class B (rev. 2015) - 47 CFR FCC Part 15B - ICES-003 (rev. 2016 Issue 6, Class B) - VCCI-CISPR 32 - CNS (rev. 13438) - KN-32 - QCVN 118:2018/BTTTT • Immunity:

- CISPR 24 (rev. 2010)
- EN 55024 + AMD 1(rev. 2010)
- EN 55035: 2017
- Emissions and immunity:
 - EN 301 489-1 (v2.1.1 2017-02)
 - EN 301 489-17 (v3.1.1 2017-02)
 - QCVN (18:2014)
 - QCVN 112:2017/BTTTT
 - KN 489-1
 - KN 489-17
 - EN 60601-1-2:2015
 - EN 61000-6-1: 2007
- Radio:
 - EN 300 328 (v2.1.1)
 - EN 301 893 (v2.1.1)
 - AS/NZS 4268 (rev. 2017)
 - 47 CFR FCC Part 15C, 15.247, 15.407
 - RSP-100
 - RSS-GEN
 - RSS-247
 - China regulations SRRC
 - LP0002 (rev 2018.1.10)
 - Japan Std. 33a, Std. 66, and Std. 71
- RF safety:
 - EN 50385 (rev. Aug 2002)
 - ARPANSA
 - AS/NZS 2772 (rev. 2016)
 - EN 62209-1 (rev. 2016)
 - EN 62209-2 (rev. 2010)
 - 47 CFR Part 1.1310 and 2.1091
 - RSS-102
- IEEE standards:

- IEEE 802.3
- IEEE 802.3ab
- IEEE 802.3af/at
- IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax
- IEEE 802.11h, 802.11d
- Security:
 - 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA3
 - 802.1X
 - Advanced Encryption Standard (AES)
- Extensible Authentication Protocol (EAP) types:
 - EAP-Transport Layer Security (TLS)
 - EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol (MSCHAP) v2
 - Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAP v2
 - EAP-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST)
 - PEAP v1 or EAP-Generic Token Card (GTC)
 - EAP-Subscriber Identity Module (SIM)

Nota: (Cisco Catalyst 9130AX Series Access Points Data Sheet, 2024)

4.5.3 Solución Integral: Cisco C9800-LF-K9 y Cisco C9130AXI-A

La integración del controlador inalámbrico **Cisco C9800-LF-K9** con el punto de acceso **Cisco C9130AXI-A** ofrece una solución completa y avanzada para organizaciones que buscan implementar redes Wi-Fi 6. Sus principales beneficios incluyen:

- **Optimización del rendimiento:** El controlador **C9800-LF-K9**, garantiza que los puntos de acceso funcionen al máximo de su capacidad, aprovechando al 100% las ventajas de Wi-Fi 6, como mayor velocidad, menor latencia y mejor eficiencia energética.
- **Gestión centralizada:** A través de herramientas como **Cisco DNA Center**, se simplifica el monitoreo, la configuración y el mantenimiento de la red, reduciendo el tiempo dedicado a tareas administrativas y mejorando la experiencia general del usuario.
- **Adaptabilidad para entornos de alta densidad:** Los puntos de acceso están

diseñados para manejar múltiples conexiones simultáneas, asegurando un rendimiento estable incluso en espacios con gran concentración de dispositivos, como oficinas, campus universitarios y centros comerciales.

- **Escalabilidad:** Esta combinación permite a las empresas expandir su infraestructura de red a medida que crecen, añadiendo nuevos puntos de acceso sin afectar la calidad del servicio ni comprometer el rendimiento
- **Eficiencia operativa y reducción de costos:** Al tratarse de una solución de última generación, disminuye la necesidad de actualizaciones frecuentes y optimiza el consumo energético, lo que se traduce en menores costos operativos a largo plazo.
- Esta implementación representa una opción ideal para organizaciones que desean modernizar sus redes y adaptarse a las demandas crecientes de conectividad en la era digital

La implementación de una red Wi-Fi 6 en la CNJ, utilizando equipos de última generación, como el controlador inalámbrico Cisco C9800-L-F-K9 y el punto de acceso Cisco C9130AXI-A, modernizará la red inalámbrica existente, proporcionarán un conjunto integral de funcionalidades que optimizan la conectividad, mejoran la eficiencia operativa y refuerzan la seguridad en red inalámbrica de la institución.

Los equipos CISCO C9800-L-F-K9 y CISCO C9130AXI-A, seleccionados para la implementación de la red Wi-Fi 6 para la CNJ, se les escogió debido a que son compatibles con la infraestructura existente en la institución, de esta manera se integrarán todos los servicios existentes.

4.5.4. Análisis financiero para la implementación

El aspecto económico es un pilar fundamental porque permite el alcance que un enrutador envíe diferentes señales en la misma ventana de transmisión, lo que accede a que múltiples dispositivos se comuniquen simultáneamente. para la implementación de la red inalámbrica con tecnología Wi-Fi 6 en CNJ, de acuerdo con el estudio realizado, esta necesita una inversión estimada de \$219.598,08 dólares americanos para dar la cobertura inalámbrica con tecnología 802.11.ax con mayor

velocidad, flexibilidad y escalabilidad al edificio del CNJ.

La inversión estará enmarcada en:

Tabla 14. Costo de cobertura inalámbrica con tecnología 802.11.ax al edificio del CNJ.

ITEM	NRO. DE PARTE	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
CONTROLADORA INALÁMBRICA EN HA					
1,0	C9800-L-F-K9	Cisco Catalyst 9800-L Wireless Controller_Fiber Uplink	2	\$ 8.800,33	\$ 17.600,66
1.0.1	CON-L1NBD-C9800LFL	CX LEVEL 1 8X5XNBD Cisco Catalyst 9800-L Wireless Controller	2	\$ 6.650,20	\$ 13.300,40
1,1	SC9800LK9-173	Cisco Catalyst 9800-L Wireless Controller	2	\$ -	\$ -
1,2	C9800L-RMNT	C9800 Wireless Controller Rack Mount Tray	2	\$ 198,01	\$ 396,02
1,3	C9800-AC-110W	Cisco Catalyst 9800 L Wireless Controller Power Supply	2	\$ -	\$ -
1,4	CAB-AC-C5	AC Power Cord, Type C5, US, Canada	2	\$ -	\$ -
1,5	NETWORK-PNP-LIC	Network Plug-n-Play Connect for zero-touch device deployment	2	\$ -	\$ -
ACCESS POINT					
2,0	C9130AXI-A	Cisco Catalyst 9130AX Series	40	\$ 1.988,88	\$ 79.555,20

2.0.1	CON-L1NBD-C9130AXI	CX LEVEL 1 8X5XNBD Cisco Catalyst 9130AX Series	40	\$ 440,89	\$ 17.635,60
2,1	SW9130AX-CAPWAP-K9	Capwap software for Catalyst 9130AX	40	\$ -	\$ -
2,2	AIR-AP-BRACKET-1	802.11 AP Low Profile Mounting Bracket (Default)	40	\$ -	\$ -
2,3	AIR-AP-T-RAIL-R	Ceiling Grid Clip for APs & Cellular Gateways-Recessed	40	\$ -	\$ -
2,4	C9130AX-DNA-OPTOUT	CISCO DNA SUBSCRIPTION OPTOUT for C9130AX	40	\$ -	\$ -
2,5	NETWORK-PNP-LIC	Network Plug-n-Play Connect for zero-touch device deployment	40	\$ -	\$ -
2,6	C9130-SINGLE	SINGLE PACK OPTION	40	\$ -	\$ -
2,7	C9130-OVER	C9130AX OVER OPTION	40	\$ -	\$ -
LICENCIAMIENTO					
3,0	AIR-DNA	CISCO DNA for Wireless - CHOOSE ONLY QTY 1 HERE	1	\$ -	\$ -
3,4	AIR-DNA-TRK-3Y	CISCO DNA Wireless Term Tracker 3Y	1	\$ -	\$ -
3,1	AIR-DNA-E	Wireless Cisco DNA On-Prem Essential, Term Lic	40	\$ -	\$ -
3.1.1	AIR-DNA-E-3Y	Wireless Cisco DNA On-Prem Essential, 3Y Term Lic	40	\$ 178,04	\$ 7.121,60

3,2	AIR-DNA-NWSTACK-E	Wireless DNA Perpetual Network Stack - Essentials	40	\$ -	\$ -
3,3	AIR-DNA-E-T	Wireless Cisco DNA On-Prem Essential, Term, Tracker Lic	40	\$ -	\$ -
3.3.1	AIR-DNA-E-T-3Y	Wireless Cisco DNA On-Prem Essential, 3Y Term, Tracker Lic	40	\$ -	\$ -
SWITCH CON PUERTOS MULTIGIGABIT					
4,0	C9200-24PXG-E	Catalyst 9200 24-port 8xmGig PoE+, Network Essentials	10	\$ 4.740,18	\$ 47.401,80
4.0.1	CON-L1NBD-C920024E	CX LEVEL 1 8X5XNBD Catalyst 9200 24-port 8xmGig PoE+, Networ	10	\$ 1.750,05	\$ 17.500,50
4,1	PWR-C5-BLANK	Config 5 Power Supply Blank	10	\$ -	\$ -
4,2	C9200-NW-E-24	C9200 Network Essentials, 24-port license	10	\$ -	\$ -
4,3	C9200-NM-4X	Catalyst 9200 4 x 10G Network Module	10	\$ 2.000,08	\$ 20.000,80
4,4	CAB-TA-NA	North America AC Type A Power Cable	10	\$ -	\$ -
4,5	C9200-DNA-E-24	C9200 Cisco DNA Essentials, 24-Port Term Licenses	10	\$ -	\$ -
4.5.1	C9200-DNA-E-24-3Y	C9200 Cisco DNA Essentials, 24-Port, 3 Year Term	10	\$ 482,71	\$ 4.827,10

		License			
4.5.0.1	CON-L1SWT-C92E24	CX LEVEL 1 SW SUB C9200 Cisco DNA Esse	10	\$ 138,00	\$ 1.380,00
4,6	NETWORK-PNP-LIC	Network Plug-n-Play Connect for zero-touch device deployment	10	\$ -	\$ -
CABLEADO ESTRUCTURADO					
5,0	UCS-M6-MLB	Punto de Datos CAT 6A Blindado, Incluye: * Cable F/UTP CAT 6A * Jack Negro (patch panel) CAT6A Blindado * Jack Blanco (access point) CAT6A Blindado * Patch Panel CAT 6A Blindado * Patch Cord CAT 6A Blindado de 7 ft * Patch Cord CAT 6A Blindado de 3 ft * Face Plate * Caja Dexson 55 mm * Medios d Conducción * Mano de Obra * Etiquetado y Certificado	40	\$ 257,14	\$ 10.285,60

Nota: Autoría

4.5.5 Elección de Equipos y Características de la Solución Propuesta

Características de la Solución Propuesta:

La solución propuesta para la modernización de la red Wi-Fi de la CNJ es la implementación de Wi-Fi 6, basada en los puntos de acceso **Cisco C9130AXI-A** y el

controlador inalámbrico **Cisco C9800-L-F-K9**. Esta solución se destaca por su capacidad para manejar un mayor número de conexiones simultáneas, aumentar la velocidad de la red, reducir la latencia y mejorar la eficiencia energética, lo cual es esencial para las necesidades operativas de la CNJ.

1. **Wi-Fi 6 (802.11ax):**

- **OFDMA y MU-MIMO:** Estas tecnologías permiten que los dispositivos transmitan y reciban datos simultáneamente en el mismo canal, lo que mejora significativamente la eficiencia espectral y reduce la congestión de la red.
- **Mejora en la cobertura:** Con el uso de tecnologías avanzadas, la cobertura de la red se extiende, incluso en áreas con alta densidad de usuarios, como oficinas y salas de reuniones.
- **Mayor capacidad y velocidad:** Wi-Fi 6 soporta velocidades de hasta 9.6 Gbps, lo que garantiza un rendimiento más rápido y confiable, incluso en entornos de alta demanda.

2. **Cisco C9800-L-F-K9 (Controlador Inalámbrico):**

- **Escalabilidad:** Capaz de gestionar hasta 250 puntos de acceso y 5,000 clientes simultáneos, lo que lo hace adecuado para instituciones con alta demanda de conectividad como la CNJ.
- **Seguridad avanzada:** Incorpora tecnologías de seguridad como Cisco DNA Assurance y Cisco TrustSec, garantizando la protección de la red y los datos sensibles.
- **Redundancia:** Permite actualizaciones sin interrupciones y ofrece mecanismos de recuperación automática en caso de fallos, asegurando la continuidad de la conectividad.

3. **Cisco C9130AXI-A (Punto de Acceso):**

- **Alta capacidad de conexión simultánea:** El C9130AXI-A está diseñado para soportar hasta 1,000 usuarios simultáneos por punto de acceso.
- **Antenas inteligentes y cobertura mejorada:** Su diseño con antenas inteligentes mejora la cobertura y reduce las interferencias, optimizando el rendimiento incluso en entornos con alta interferencia de señales.

Selección de Equipos Cisco C9800-L-F-K9 y C9130AXI-A:

1. **Fiabilidad y Experiencia en el Sector Público:** Cisco es ampliamente reconocido por su fiabilidad, especialmente en el sector público, donde la estabilidad y la seguridad de la red son fundamentales. La CNJ ya utiliza equipos Cisco en su infraestructura tecnológica, lo que facilita la integración de los nuevos equipos con la infraestructura existente.
2. **Rendimiento Superior:** Los equipos Cisco C9800-L-F-K9 y C9130AXI-A ofrecen un rendimiento superior en términos de throughput, latencia y conexiones simultáneas en comparación con otros proveedores como Juniper y Aruba. Además, Cisco ofrece capacidades avanzadas como OFDMA, MU-MIMO, y beamforming, que optimizan la eficiencia de la red, reducen la congestión y mejoran la experiencia de los usuarios.
3. **Escalabilidad y Flexibilidad:** Los equipos Cisco son altamente escalables y permiten la expansión de la infraestructura de la red conforme aumentan las necesidades de conectividad. Con la capacidad de manejar hasta 2,000 usuarios simultáneos por controlador y 1,000 usuarios por punto de acceso, Cisco garantiza que la CNJ pueda satisfacer sus necesidades actuales y futuras sin comprometer el rendimiento.
4. **Soporte y Gestión Centralizada:** Con la integración de **Cisco DNA Center**, se facilita la gestión centralizada de la red, lo que reduce el tiempo y los costos asociados con el mantenimiento de la infraestructura. Además, Cisco ofrece un excelente soporte técnico, asegurando que cualquier problema sea resuelto de manera rápida y eficiente.

Comparación con Otras Marcas (Juniper, Aruba, Huawei):

- **Juniper:** Aunque Juniper es reconocido por su innovación y rendimiento en redes de alta capacidad, su ecosistema de soporte es más limitado en ciertas regiones y no tiene la misma flexibilidad para adaptarse a las infraestructuras existentes de la CNJ como lo hace Cisco.
- **Aruba (HPE):** Aruba es una opción sólida, pero su escalabilidad y las capacidades avanzadas de sus equipos no siempre se comparan favorablemente con las de Cisco, especialmente en entornos de alta densidad.

Además, Aruba no ofrece el mismo nivel de soporte en algunas regiones que Cisco.

- **Huawei:** Aunque Huawei ofrece equipos con un rendimiento comparable, los costos de soporte y la integración en entornos institucionales fuera de ciertas regiones pueden ser más altos, lo que hace que Cisco sea una opción más confiable y coste-efectiva a largo plazo.

La elección de **Cisco C9800-L-F-K9** y **Cisco C9130AXI-A** se justifica no solo por sus características técnicas avanzadas, sino también por su fiabilidad, escalabilidad y soporte integral. Estos equipos no solo ofrecen un rendimiento excepcional, sino que también se integran perfectamente con la infraestructura tecnológica existente de la CNJ, lo que garantiza una transición fluida y una mejora sustancial en la conectividad de la institución.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

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:

- El equipamiento tecnológico de la institución para la fecha en la cual fué implementado fue robusto, sin embargo, con el paso del tiempo ya dejó de ser óptimo lo que ha causado problemas de conectividad a los equipos tecnológicos, por lo que se desprende que es necesario modernizar la red inalámbrica de la CNJ, para que no se quede relegada a las nuevas tecnologías, en este caso a la red Wi-Fi 6.
- La red inalámbrica del edificio de la Corte Nacional de Justicia 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 institución, se determina que existen problemas en ciertas áreas debido a la aparición de zonas muertas.
- La falta de cobertura y la demanda de conectividad 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 CNJ 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.
- El número de clientes excede el máximo que soportan los puntos de acceso y una gran saturación en la mayoría de los puntos de acceso de la institución.
- Con la popularización de los teléfonos celulares inteligentes, tablets e impresoras inalámbricas 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.
- De acuerdo con el análisis financiero realizado, para la implementación de

una infraestructura que permita disponer de una red inalámbrica de alta velocidad y óptimo rendimiento con estándar 802.11 Ax es necesaria la inversión de \$219.598,08.

- El estándar 802.11ax ofrece una serie de mejoras sobre las versiones anteriores de Wi-Fi, como son: mayor rendimiento, mejor eficiencia, mejor cobertura y seguridad.
- La comparación entre las tecnologías en el mercado, de acuerdo con el cuadrante de gartner demostró que la opción más efectiva para la solución propuesta es Cisco.
- La tecnología establecida para la solución fue Cisco, cuyas características soporta la demanda de tráfico y la demanda de usuarios, además son compatibles con la estructura existente.

RECOMENDACIONES

- 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 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.
- Del análisis de los mapas de calor que indican la cobertura óptima de los puntos de acceso por piso del edificio CNJ, se recomienda tomar en cuenta esta información para la implementación de la migración a Wi-Fi 6.
- Hay que tomar en consideración factores externos, fuera de la planificación y levantamiento del diseño de una red Wi-Fi, que puedan mermar el rendimiento y calidad de señal que suministren este servicio, tales como otras redes inalámbricas de instituciones aledañas a la CNJ, equipos electrónicos como microondas, teléfonos inalámbricos, mouse inalámbrico, entre otros.
- El presente trabajo es de utilidad a las futuras generaciones que necesiten información sobre el tema propuesto.

REFERENCIAS

- Carrasco, R. (2024, 26 diciembre). *Canales WiFi: Guía completa con consejos para aumentar el rendimiento de la señal. Usos, ventajas y desventajas de los rangos de 2,4 GHz, 5 GHz, 900 MHz. Antenas, Cables, Montajes, Adaptadores y Accesorios Para Inalámbricos*. <https://www.data-alliance.net/es/canales-wifi-gu%C3%ADa-completa-con-consejos-para-aumentar-el-rendimiento-de-la-se%C3%B1al-usos-ventajas-y-desventajas-de-los-rangos-de-24-ghz-5-ghz-900-mhz>
- Estrella Fiallos, F. (2017). *Estudio y análisis para la actualización de red WLAN de la SEPS utilizando tecnologías basadas en el estándar IEEE 802.11 ac* [Tesis de maestría, Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/b23754fd-9e6d-48dd-a7a9-992a6bfb1ed8>
- Hubner, J., & Lezama Cuellar, C. (2024). *Seguridad corporativa basada en Wi-Fi 6.0 para PYMES en el Perú*.
- Imbachi, A. M. (2025). *Arquitectura empresarial TI para la Asociación Colombiana de Recuperadores Ambientales*. Bucaramanga.
- Merchán Alay, P. A. (2024). *Potenciación de la red inalámbrica para el mejoramiento del servicio de Internet de la unidad educativa "Dr. José Viliulfo Cedeño"*. Manabí.
- Moreta Villacís, G. (2020). *Diseño de una red Wi-Fi para el colegio "Modelo Politécnico" con soporte dual band* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/27851>
- Ramos, J. A. (2023). *Desarrollo de un modelo de negocio para la implementación de redes móviles privadas inalámbricas de última generación en la industria de la manufactura de la provincia de Pichincha*. Quito.
- Valeriano Cantos, I. A. (2023). *Propuesta de mejora del sistema de gestión de la red inalámbrica Wi-Fi del CTI-ESPOL*. Guayaquil.

- Vélez Zúñiga, J. (2016). *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* [Tesis de maestría, PUCE]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.puce.edu.ec/items/be9433a9-11c7-4f7e-846e-cf10ce8eeb99>
- Vinicio, V. C. (2024). *Estudio de factibilidad para la migración de la red inalámbrica a Wi-Fi 6 del edificio matriz de la Empresa Eléctrica Regional Norte*. Quito.
- Cisco. (2024, 26 febrero). *Cisco Catalyst 9130AX Series Access Points Data Sheet*. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/catalyst-9100ax-access-points/nb-06-cat-9130-ser-ap-ds-cte-en.html?dtid=osscdc000283>
- Cisco. (2024, 24 enero). *Cisco Catalyst 9800-L Wireless Controller Data Sheet*. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/catalyst-9800-series-wireless-controllers/datasheet-c78-742434.html?dtid=osscdc000283%20c9130axi-a%20datasheet>
- Ros, I. (2021, 20 septiembre). *Estándares Wi-Fi: Tipos, velocidades y retrocompatibilidad*. MuyComputer. <https://www.muycomputer.com/2021/09/19/estandares-wi-fi-tipos-velocidades>
- Walton, A. (2024, 9 agosto). *+7 Ejemplos de diagramas de configuración de red doméstica*. CCNA Desde Cero. <https://ccnadesdecero.es/ejemplo-diagrama-red-domestica/>
- Zenarmor. (2024, 21 junio). *ZenArmor Documentation*. <https://www.zenarmor.com/docs/network-basics/what-is-wlan>
- WLAN 802.11 ax Tutorial: Wi-Fi 6 Basics. (s. f.). <https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/WLAN-802-11ax-tutorial.html>
- Notes, E. (s. f.). *IEEE 802.11ax: Wi-Fi 6* » Electronics Notes. <https://www.electronics-notes.com/articles/connectivity/wifi-ieee-802-11/802-11ax.php>
- Magic Quadrant | Gartner | España. (s. f.). *Gartner*. <https://www.gartner.es/es/metodologias/ma>

ANEXOS