

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN CON MENCIÓN EN REDES  
INFORMÁTICAS.



DISERTACIÓN PREVIA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MASTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

MENCIÓN REDES DE COMUNICACIONES

TEMA:

“DISEÑO DE UNA RED WIFI PARA EL COLEGIO “MODELO POLITÉCNICO” CON  
SOPORTE DUAL BAND”

NOMBRE:

GABRIEL MORETA VILLACIS

DIRECTOR:

Dr. GERMÁN ARÉVALO, PhD

QUITO, 2020 JUNIO

# HOJA DE APROBACIÓN

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo, Gabriel Homero Moreta Villacis, portador de la cédula de ciudadanía número 171671151-8, debajo bajo juramento que el presente trabajo de titulación es de mi total autoría, y que se ha respetado las diferentes citas como fuentes bibliográficas que respaldan este trabajo. Por lo cual este trabajo no presenta ningún tipo de plagio, siendo un trabajo desarrollado en su totalidad por mi persona.

A handwritten signature in black ink, consisting of several large, overlapping loops and a series of smaller, repetitive strokes at the bottom, characteristic of a cursive or stylized signature.

---

Ing. Gabriel Homero Moreta Villacis

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero dar mis primeros agradecimientos a mi familia, quienes de manera incondicional siempre me dieron su aliento para afrontar las distintas adversidades que se me han presentado dentro de mi formación profesional como personal. De la misma manera, a todos quienes a lo largo de mi vida con su amistad y afecto me ayudaron a crecer como persona, aplaudiendo mis virtudes y corrigiendo mis defectos.

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico a todas las personas que han estado presente a lo largo de mi vida, que han aportado de manera directa o indirectamente a mi crecimiento tanto personal como espiritual. En especial, se lo dedico a mi madre. Sin su apoyo incondicional y su infinito amor, no me hubiera ayudado a moldear como el hombre que hoy en día y a Cristina, por el empuje y aliento que me dio a lo largo del desarrollo de este trabajo, dando lo mejor de mi persona.

## **RESUMEN**

La expansión y uso de las redes inalámbricas WiFi cambiaron la forma en que se desarrollan las comunicaciones. Gracias a ellas, es posible conectarse con personas que se encuentran al otro lado del planeta, y las nuevas tecnologías se han convertido en una herramienta fundamental para facilitar el trabajo de las empresas. Las organizaciones que cuentan con acceso a internet, pueden mejorar su desempeño y brindar un servicio de calidad a los usuarios que atienden. Esto es especialmente importante en el ámbito educativo, donde las escuelas brindan un servicio de interés social, y por ello se les pide hacer un uso eficiente de los recursos que disponen. Es aquí donde el correcto diseño de una red WiFi puede mejorar la experiencia del usuario.

En este trabajo, se tomó como caso de estudio la situación del Colegio "Modelo Politécnico", en cuanto a los problemas que presenta dentro de su red WiFi. Para brindar una solución efectiva, se detectaron las necesidades particulares de la institución y se desarrolló una propuesta de un nuevo diseño de red. Los resultados sugieren que los equipos WiFi basados en dual band presentan la mejor relación entre inversión y beneficio.

## **ABSTRACT**

The expansion and use of WiFi networks will have a great impact within communications, not only for organizations, but also for people. This is due to the current easy access to electronic devices, like smartphones, tablets, laptops and others. Therefore, the correct design of a WiFi network is essential to provide the best experience that a user requires to enhance their different activities using these networks.

In this work, the situation for which the "Modelo Politécnico" High School, with problems it has within the WiFi network, detect the requirements that currently need to be solved, proposal of a new wireless network coverage and recommendations provided to the high school, based on the analysis of information obtained.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO .....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	I
ÍNDICE DE TABLAS .....	II
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA .....	8
4. OBJETIVOS.....	9
4.1 Objetivo general .....	9
4.2. Objetivos específicos.....	9
5. ANTECEDENTES.....	10
6. MARCO TEÓRICO .....	12
6.1. Redes inalámbricas LAN .....	12
6.1.1. Introducción .....	12
6.1.2. Bandas y espectros de frecuencia de las redes LAN Inalámbricas .....	15
6.1.3. Ventajas y desventajas de las redes LAN inalámbricas .....	17
6.1.4 Estándares usados en redes inalámbricas LAN (IEEE 802.11).....	18
6.2. Arquitectura de las redes LAN inalámbricas .....	19
6.2.1. Introducción .....	19
6.2.2. Arquitectura de las redes LAN inalámbricas.....	19
6.2.3. Seguridad en redes LAN inalámbricas .....	21
6.3. Redes dual band .....	22
6.3.1. Introducción .....	22
6.3.2. Características, ventajas y desventajas de las redes dual band.....	23
6.4. WiFi.....	23

6.4.1. Introducción .....	23
6.4.2. Ventajas y desventajas del WiFi .....	24
6.4.3. Interferencia y atenuación en redes WiFi.....	25
6.4.4. Opciones usadas para medir la potencia de la señal en redes WiFi .....	27
6.4.5. Canales en WiFi dentro de bandas 2.4 GHz y 5 GHz .....	28
6.4.6. SU-MIMO (Simple-User Multiple-input Multiple-output).....	29
6.4.7. MU-MIMO (Multi-User Multiple-input Multiple-output) .....	30
6.5 Calidad de servicio (QOS).....	30
6.5.1. Introducción .....	30
6.5.2. Pérdida de paquetes (Packet Loss) .....	31
6.5.3. Retraso (Delay).....	31
6.5.4. Jitter .....	32
6.6. Criterios para el diseño de una red de WiFi.....	32
6.6.1. Introducción .....	32
6.6.2. Zonas de cobertura y pérdida de señal .....	33
6.6.3. Roaming .....	34
6.6.4. Equipos compatibles con el estándar 802.11 .....	35
6.6.5. Equipos compatibles con el estándar 802.11 .....	35
6.6.6. Puntos de acceso .....	36
6.6.7. Controladores de punto de acceso .....	36
6.6.8 Antenas .....	37
7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE RED WIFI EN SOFTWARE).....	38
7.1. Metodología y fases de trabajo.....	38
7.2. Fase I – Detección de las necesidades de los usuarios de la actual red WiFi de la institución .....	39
7.2.1. Antecedentes y situación actual de la red WiFi.....	39
7.2.2. Requerimientos solicitados para la nueva la red inalámbrica.....	40

7.2.3.	Perfil y número de usuario actuales.....	41
7.2.4	Proyección de crecimiento de usuarios.....	42
7.2.5.	Dimensionamiento de tráfico. ....	44
7.2.5.1	Sitios web.....	44
7.2.5.2	Subida y descarga de archivos. ....	47
7.2.5.3	Correo electrónico.....	47
7.2.5.4	Video conferencia. ....	48
7.2.5.5	Plataformas de videos en línea. ....	48
7.2.5.6.	Índice de simultaneidad y ancho de banda total de subida y bajada. ....	48
7.3.	Fase II – Diseño de la nueva red WiFi para la institución.....	50
7.3.1.	Descripción de la infraestructura física de la institución .....	50
7.3.2.	Delimitación de zonas de cobertura.....	51
7.3.3.	Diseño final de nueva red WiFi .....	51
7.4.	Fase III – Evaluación de los resultados obtenidos .....	60
7.4.1.	Análisis de diseño de red WiFi.....	60
7.4.2.	Soluciones tecnológicas .....	62
7.4.3.	Análisis costo-beneficio .....	63
8.	CONCLUSIONES .....	65
9.	RECOMENDACIONES.....	66
	Bibliografía.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro de las ondas electromagnéticas. ....	15
Figura 2. Estructura de red, modo Ad-Hoc. ....	20
Figura 3. Estructura de red, modo infraestructura. ....	21
Figura 4. Estructura de red BSS Extendido. ....	21
Figura 5. Disposición de equipos WiFi en frecuencia 2.4GHz, para evitar solapamiento de canales. ....	28
Figura 6. Disposición de equipos WiFi en frecuencia 5GHz, para evitar solapamiento de canales. ....	29
Figura 7. Roaming. ....	34
Figura 8. Ejemplo de un site survey. ....	35
Figura 9. Equipos compatibles con el estándar 802.11. ....	36
Figura 10. Delimitación de espacio de la Institución – La Vicentina. ....	50
Figura 11. Página web de acceso de aplicación. ....	52
Figura 12. Escala RSSI en WiFi Designer. ....	53
Figura 13. Mapa de calor de equipos ubicados en planta baja, banda 2.4 GHz. ....	54
Figura 14. Mapa de calor de equipos ubicados en planta baja, banda 5 GHz. ....	55
Figura 15. Mapa de calor de equipos ubicados en segunda planta, banda 2.4 GHz. ..	56
Figura 16. Mapa de calor de equipos ubicados en segunda planta, banda 5 GHz. ....	57
Figura 17. Mapa de calor de equipos ubicados en tercera planta, banda 2.4 GHz. ....	58
Figura 18. Mapa de calor de equipos ubicados en tercera planta, banda 5 GHz. ....	59
Figura 19. Red WiFi de prueba. ....	60
Figura 20. Regla de restricción 50Mbps subida/bajada. ....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativa de frecuencias usadas en redes inalámbricas.....	17
Tabla 2. Comparativa ventajas y desventajas redes LAN inalámbricas. ....	18
Tabla 3. Materiales de uso común que generan atenuación. ....	26
Tabla 4. Equipos WiFi que posee la institución.....	40
Tabla 5. Descripción de usuarios de la institución.....	41
Tabla 6. Datos de crecimiento de usuarios en los últimos 5 años. ....	42
Tabla 7. Usuarios proyectados a 5 años, .....	44
Tabla 8. Descripción de páginas web a las que acceden diariamente los usuarios administrativos.....	45
Tabla 9. Descripción de páginas web a las que acceden diariamente los usuarios docentes.....	45
Tabla 10. Descripción de páginas web a las que acceden diariamente los usuarios estudiantes. ....	46
Tabla 11. Ancho de banda total de subida y bajada empleada por todos los usuarios	49
Tabla 12. Nombre de AP's, según su ubicación y número. ....	53
Tabla 13. Estimaciones de velocidad promedio en configuración de red .....	61
Tabla 12. Canales idóneos de AP'S.....	62
Tabla 15. Comparación de equipos inalámbricos Acces Point. ....	63
Tabla 14. Costo total de las soluciones tecnológicas propuesto. ....	64
Tabla 15. Costo total de renovación de licencias de las soluciones tecnológicas propuesto.....	64

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tasa de crecimiento anual acumulativo.....	42
Ecuación 2. Valor final esperado .....	43

## 1. INTRODUCCIÓN

A mediados del siglo XX, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se integraron diversas áreas de la sociedad para facilitar el desarrollo de tareas complejas. Precisamente, esta es la gran ventaja que aportan las redes informáticas, al permitir la comunicación y el intercambio de archivos entre personas que se encuentran separadas por grandes distancias geográficas. La inmediatez, la capacidad para conservar la información, los protocolos de seguridad y el hecho de contar con diferentes opciones para que el usuario pueda conectarse con otras personas son el principal atractivo de este medio, que se ha vuelto tan popular dentro de la sociedad.

Una de las áreas que se ha visto beneficiada por la incorporación de la tecnología es la educación. Las redes de computación facilitan el intercambio de información entre comunidades de aprendizaje, lo que favorece la descentralización del conocimiento y pone al alcance de quienes más lo necesitan los medios necesarios para continuar con su formación. Además, las herramientas informáticas facilitan la administración de los centros educativos, al garantizar que el personal cuenta con herramientas que le permiten agilizar los procesos implicados en la gestión efectiva del centro, lo que garantiza que los recursos son usados de una forma eficiente y óptima.

Es en este punto donde el ingeniero informático puede hacer un aporte efectivo a la sociedad, al poner su conocimiento a disposición de los servicios educativos de la nación. Dado que muchos centros escolares necesitan asesoramiento para implementar las nuevas tecnologías con el fin de mejorar la gestión escolar, es necesario que el experto diseñe planes, estrategias, herramientas y mejoras que faciliten la transición hacia lo digital, lo cual redundará en un beneficio tanto para los responsables del centro como para la comunidad adyacente al espacio escolar.

La implementación de cualquier mejora relacionada con el área tecnológica está ligada a una serie de pasos fundamentales: Detectar las necesidades de la institución; sugerir los equipos, programas y herramientas que pueden ajustarse a las necesidades detectadas; elaborar el diseño más adecuado para cada caso en particular de acuerdo con las características de la infraestructura; realizar las pruebas correspondientes antes de implementar el diseño; instruir al personal en el uso de los equipos para garantizar que las mejoras sean eficientes y aporten un valor positivo a lo largo del tiempo. Con esta

metodología, el experto puede contribuir a la solución efectiva del problema, que parte de una planificación lógica y coherente basada en la fundamentación teórica disponible.

En las siguientes líneas, se explica la propuesta desarrollada para mejorar la infraestructura de la red WiFi del Colegio "Modelo Politécnico". A partir de la detección de necesidades de la institución y sus características particulares, se propone un diseño que garantice una conexión estable en todas las áreas de la institución, la cual es fundamental para agilizar los procesos administrativos (carga de notas, conciliaciones bancarias y pago a proveedores, pagos de nóminas) y educativos (acceso a los materiales didácticos por parte de docentes y estudiantes).

Este trabajo constituye un aporte que sintetiza los pasos necesarios para desarrollar un diseño que permita mejorar la situación de las instituciones educativas locales.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las redes informáticas, en la actualidad, son una herramienta a través de la cual las personas pueden compartir información y acercarse a la construcción del conocimiento. Las comunidades de aprendizaje se han convertido en una herramienta para democratizar el acceso a la educación, y por eso se han implementado tanto en la administración de los centros educativos como para facilitar el aprendizaje de los estudiantes (Castro, Guzmán y Casado, 2007).

Las tendencias actuales buscan incorporar el uso de las herramientas informáticas para el desarrollo de los procesos educativos, al facilitar el uso de materiales multimedia dentro del aula de clase. Lo mismo puede decirse con respecto a la gestión del centro, ya que las redes de computación ayudan a la administración efectiva de la escuela. Básicamente, las redes informáticas y las herramientas computacionales pueden convertirse en un aliado para los actores que participan en el proceso educativo, pues contribuyen a mejorar los procesos internos del personal administrativo y docente (Castro, Guzmán y Casado, 2007).

Como añadido, las nuevas tecnologías también facilitan el acceso a una amplia cantidad de recursos, que los estudiantes pueden aprovechar para mejorar su preparación académica y personal. Es por ello que ha existido una estrecha vinculación entre las ciencias pedagógicas y la ingeniería informática, pues la primera puede aprovechar las herramientas de la segunda con el fin de implementar herramientas que garanticen la administración efectiva de los centros educativos y faciliten el acceso a los recursos disponibles en línea.

Sin embargo, cada centro educativo cuenta con sus características particulares (hábitos de uso, planta física, cantidad de usuarios que acceden a la red, promedio de datos usados, entre otras), que deben ser consideradas antes de ejecutar cualquier reforma. En este sentido, el diagnóstico, implementación y diseños de planes de mejora busca optimizar las labores administrativas de la institución educativa, al garantizar una conexión estable que facilite la ejecución de las tareas diarias del centro. Además de garantizar el acceso a los recursos en línea tanto para el personal docente como para los estudiantes.

Sin duda, la tecnología se ha incorporado en diversas áreas de la vida moderna. Muchas de las tareas cotidianas que se realizan en un centro escolar, como hacer conciliaciones bancarias, gestionar nóminas o hacer el pago de los servicios públicos pueden realizarse de forma más eficiente si se cuenta con una conexión estable a internet. Aunque esto es

una realidad patente, no todas las escuelas cuentan con los recursos para diseñar una red eficiente. Por ello, es necesario que los expertos en ingeniería informática dediquen recursos y tiempo para mejorar las redes disponibles en las instituciones educativas, en especial en aquellas que atienden a las poblaciones más vulnerables (Castro, Guzmán y Casado, 2007).

El trabajo con las comunidades educativas aporta beneficios para favorecer la inclusión y el uso eficiente de los recursos destinados a estas entidades. En este caso, la investigación se justifica en el hecho de que la educación es el bien y el objetivo de mayor importancia para el estado. Garantizar una educación de calidad, donde el estudiante pueda acceder a las herramientas tecnológicas de vanguardia redundaría en un mayor desarrollo de la población, lo que permite educar a individuos capaces de asumir tareas de alta demanda en el campo laboral (Castro, Guzmán y Casado, 2007).

Por otra parte, la actual estructura de la institución seleccionada no permite brindar un servicio óptimo, lo que ralentiza el desarrollo de procesos y tareas básicas de vital importancia para el buen funcionamiento del centro escolar. En un acercamiento inicial, se pudo comprobar que la red implementada es producto del esfuerzo de profesores y estudiantes, los cuales no contaron con asesoría especializada para determinar la infraestructura de la red. Esto redundaría en que la conexión es inestable y no cubre toda la planta física de la institución. En tal sentido, el desarrollo del proyecto resultará en un mejor desempeño del personal administrativo de la institución y garantizará el acceso a los recursos en línea por parte de los docentes y estudiantes.

Como se ha comentado previamente, es necesario que las investigaciones en el área de las redes informáticas en instituciones educativas tengan como finalidad mejorar la experiencia de los usuarios. En este caso, se reportan dos beneficios: El acceso al conocimiento y las fuentes de información por parte de los estudiantes, y la optimización en el desarrollo de los procesos administrativos de la institución.

Por ello, las propuestas y estudios en este campo deben redundar en un beneficio para la comunidad educativa. Las mejoras y programas desarrollados en esta línea permiten establecer una mejor comunicación entre pares, descentralizan el conocimiento y lo ponen al alcance de las personas, apostando por una educación de calidad y en permanente contacto con las tecnologías de vanguardia.

### **3. DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA**

El Colegio Modelo Politécnico (CMP) nace en el año 2006, por la necesidad de suplir las labores que realizaba el Colegio Menor Politécnico ante la decisión de la Escuela Politécnica Nacional de cerrarlo. Es una institución sin fines de lucro creada en el año 2006 y es administrado por la Corporación COMOEDUCAR, como uno de sus proyectos.

Esta institución tiene como objetivo colaborar en la formación integral de sus estudiantes. para que la juventud se convierta en un actor social decisivo en el futuro del país. Se encarga de brindar una atención integral que garantice el ingreso y buen desempeño en las universidades y escuelas politécnicas. El Colegio mantiene vinculación con algunas Instituciones de Educación Superior al formar parte de la Red de Bachillerato de la Universidad Andina Simón Bolívar; además, los profesores fundadores del plantel, varios profesores de la Escuela Politécnica Nacional, siguen siendo parte del establecimiento.

El Colegio Modelo Politécnico es una Institución de educación laica, particular, sin fines de lucro, cuya misión es formar jóvenes líderes, críticos, solidarios, capaces de contribuir e influir positivamente en la sociedad, mediante una formación en valores, científica y tecnológica, vinculada con la Educación Superior, que les permita desenvolverse en el mundo y continuar sus estudios superiores en cualquier establecimiento del Ecuador.

En el 2025, el Colegio Modelo Politécnico será uno de los mejores establecimientos de educación media del país, fruto de la capacitación de su personal, de las innovaciones curriculares, de la formación en valores, de un entrenamiento deportivo de alto nivel; constituyéndose en un aporte importante a la mejora de la calidad de la educación del Educador y a la formación de lazos entre la educación media con el sistema de educación superior, de ciencia y tecnología (Colegio Modelo Politécnico, 2020).

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

- a. Diseñar una red WiFi, con soporte dual band, para el Colegio “Modelo Politécnico”.

### **4.2. Objetivos específicos**

- a. Analizar y detectar las necesidades de los usuarios de la actual red WiFi de la institución.
- b. Diseñar una red WiFi para el Colegio “Modelo Politécnico” que mejore la conectividad de sus usuarios.
- c. Evaluar el desempeño del diseño de red WiFi vía software.

## 5. ANTECEDENTES

La tecnología evoluciona a un ritmo constante, por lo que las entidades educativas no están exentas de esto. Los cambios tecnológicos fomentan la adopción de nuevas herramientas y facilitan la realización de las tareas dentro de los centros educativos. El uso de internet es pieza fundamental de diario vivir de docentes, estudiantes y área administrativa. Una red de LAN y WiFi es fundamental para el desarrollo educativo de una institución (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

En este sentido, las instituciones educativas que atienden a las poblaciones más vulnerables pueden beneficiarse de las TIC, pues son el medio adecuado para desdibujar las desigualdades que afectan a la sociedad actual. La inversión en estas áreas, por parte del estado y las instituciones particulares, es de vital importancia para impulsar el desarrollo de una sociedad más libre, justa e igualitaria, en donde la educación cuente con los recursos y medios necesarios para garantizar el acceso a las fuentes de empleo (Torres Cañizales y Cobo Beltrán, 2017).

Las redes informáticas garantizan el acceso a la información, y por ello es responsabilidad del ingeniero en redes el poner al alcance de la comunidad los medios necesarios para garantizar el acceso a los recursos educativos (Faure-González y García-Sayas, 2012). En este sentido, las tecnologías de la comunicación y la información han pasado a formar parte indispensable de los programas de aprendizaje, y por eso es necesario que los expertos en el manejo, diseño e implementación de redes coloquen sus conocimientos al alcance de la educación, para de esta manera contribuir con el avance y desarrollo del país (Hernández, 2017).

Diversos investigadores señalan la importancia del uso de las TIC en los procesos de aprendizaje. Precisamente, las investigaciones en esta línea buscan mejorar el acceso a la internet y a las redes de computación, a través de diferentes acciones: 1. Mejorar la infraestructura física; 2. Mejorar la conectividad; 3. Diseñar planes de mejoras; 4. Desarrollar herramientas de conectividad; 5. Desarrollar planes mixtos (mejorar la infraestructura y desarrollar herramientas tecnológicas) que garanticen el acceso a los servicios en la nube. De ahí, se desprenden diversas propuestas que buscan mejorar la interacción entre estudiantes y personal institucional con los recursos disponibles en internet (Castro, Guzmán y Casado, 2007).

Montero Baquero (2016) diseñó soluciones de conectividad de WiFi para el campus de Floridablanca de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. La implementación de diferentes herramientas tecnológicas redundó en un beneficio para los estudiantes, quienes contaron con un mejor acceso a la red y les permitió facilitar los procesos de investigación. Finalmente, se enfatiza en la necesidad de seguir desarrollando herramientas para mejorar los servicios de red dentro de las instituciones académicas.

Murillo Safont (2015) propuso el diseño, implementación y configuración de una red informática en el Colegio Nuestra Señora de Fátima de Valencia (España). Luego de la evaluación de las necesidades de la institución educativa, se procede a mejorar los servicios y la estructura que proveían el acceso a la red para los miembros de la institución. Como resultado, la implementación de las mejoras redundó en un mejor acceso a las fuentes disponibles en línea, lo que beneficia tanto la labor del personal administrativo, además de contribuir con la optimización de los procesos educativos.

Finalmente, Martínez (2015) realiza un trabajo de reingeniería de la red LAN del colegio San Francisco de la Ciudad de Ibarra. Las motivaciones de este proyecto descansan en las necesidades educativas de los estudiantes que forman parte de la comunidad educativa, pues la estructura anterior no permitió una rápida conexión entre los miembros, lo que dificultaba la realización de las tareas y labores del local educativo. La puesta en marcha de un plan que responda a los intereses de la institución redundó en una mejoría en los tiempos de ejecución de los procesos, además de garantizar una comunicación fluida y eficiente.

En resumen, las investigaciones en cuanto al diagnóstico y mejora de las comunicaciones de las redes LAN y WiFi de instituciones educativas se encaminan a mejorar la experiencia de los usuarios. Bajo este contexto lo que se busca con un buen diseño de una red informática es satisfacer las necesidades de los usuarios que ocupen la misma, sin que esta interfiera en el trabajo diario del personal como del alumnado. Se busca, con ello, mejorar la experiencia del usuario y garantizar una buena comunicación institucional.

## **6. MARCO TEÓRICO**

A finales del siglo XX; el auge de las tecnologías de información y comunicación propició el cambio en el panorama de la sociedad. Las personas se acostumbraron a vivir en un entorno donde las computadoras y las redes de información están siempre presentes (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

El ámbito educativo no fue la excepción, y por ello se desarrollaron corrientes pedagógicas que incorporan el uso de estas tecnologías dentro del aula. Precisamente, con esta medida se busca formar individuos capaces de ser usuarios eficientes de las nuevas herramientas tecnológicas. Se espera que, con esta formación, puedan contribuir al desarrollo local, regional y mundial, al usar medios alternativos para optimizar tareas y procesos (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

En un mundo altamente competitivo, donde las fronteras regionales se han desdibujado gracias al internet y a las redes de comunicación, es necesario que los jóvenes se capaciten en el manejo de las herramientas informáticas. Más aun, las instituciones deben hacer un uso eficiente de los recursos, para garantizar el desarrollo del trabajo en el menor tiempo posible y con la menor tasa de errores. Por eso, las líneas de investigación dentro de esta área de estudio deben orientarse a crear diseños para facilitar las tareas del usuario y mejorar su experiencia en el manejo del internet (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016), al proponer diseños que se adapten a las necesidades particulares de cada institución.

A continuación, se presentan algunos conceptos que serán desarrollados a profundidad durante la ejecución del proyecto:

### **6.1. Redes inalámbricas LAN**

#### **6.1.1. Introducción**

El desarrollo de la tecnología ha permitido la creación de varias herramientas para facilitar la conexión entre equipos. Las redes inalámbricas se han vuelto populares, gracias a que permiten la comunicación entre varios dispositivos sin la necesidad de usar cables (López-López, 2005).

Una red inalámbrica se define como aquella red de comunicación que permite realizar intercambio de datos por medio de la propagación de ondas electromagnéticas, las cuales llevan la información necesaria de un equipo a otro. Por lo general, están compuestas por diferentes terminales, tales como ordenadores, laptops y dispositivos móviles dentro del rango de propagación de las ondas. Si bien una red inalámbrica es idéntica que una red LAN con respecto a la forma en que comparte diferentes tipos de datos y recursos, puede ser afectada por fenómenos físicos que pueden deteriorar su funcionamiento (López-López, 2005). Por ello, dentro del diseño de una red WiFi, se deben incluir todos aquellos elementos que pueden afectar la calidad de la señal, como se verá más adelante.

Para establecer el enlace, las redes inalámbricas suelen usar conexión por ondas electromagnéticas de radio o infrarrojo. El uso de una u otra tecnología incide en la velocidad de las transmisiones, el alcance de la red y las frecuencias que se usan para compartir los datos (CCM.net, 2017; Mora, 2004).

La principal ventaja de este tipo de conexiones radica en que el usuario disfruta de movilidad. Las redes inalámbricas suelen cubrir un espacio amplio. El usuario, como no requiere de cables para conectarse a la red, puede ubicarse en cualquier punto de cobertura de la red para disfrutar el servicio. Basta con que el terminal disponga de la tecnología necesaria para conectarse, con lo cual estará navegando en pocos segundos (CCM.net, 2017; Mora, 2004).

Otra de las ventajas de las redes inalámbricas, se refiere a la instalación. Al contrario de las redes cableadas, no es necesario hacer cambios significativos dentro de la estructura. En una conexión por cable, se deben instalar las tuberías, los conectores, los terminales, asegurarse que los equipos estén a resguardo y que haya conexiones en cada punto de la infraestructura. Por el contrario, en las redes inalámbricas basta con ubicar los equipos necesarios en las ubicaciones estratégicas para garantizar una conexión de calidad en toda la institución (CCM.net, 2017; Mora, 2004).

Las redes inalámbricas se pueden clasificar en tres categorías de acuerdo con su cobertura:

1. WPAN (Wireless Personal Area Network): Es un tipo de conexión de cobertura personal, que se usa principalmente para conectar aparatos simples de uso común, como dispositivos móviles, ordenadores o aparatos domésticos. Usan las tecnologías basadas en HomeRF, Bluetooth, ZigBee y RFID para establecer las conexiones entre los dispositivos, los cuales suelen tener una tasa baja de transmisión de datos, usando ondas de radio. Las conexiones se establecen siguiendo la estructura de maestro-esclavo. Para

ello, el maestro garantiza la conexión del dispositivo esclavo una vez que este envía el request, y selecciona la frecuencia adecuada para trabajar. Estas redes suelen tener un alcance efectivo de 10 metros, pero la cobertura puede maximizarse si se juntan varios picnets (CCM.net, 2017).

2. WLAN (Wireless Local Area Network): En este tipo de redes, se utilizan tecnologías basadas en el uso del WiFi, bajo la norma IEEE 802.11. Por lo general, se usan para cubrir las necesidades de conexión dentro de empresas o instituciones, lo cual es ventajoso para garantizar las conexiones dentro de grandes instalaciones y plantas físicas de gran tamaño. Suelen ser muy populares, ya que garantizan una conexión más rápida y estable (CCM.net, 2017).

3. WMAN (Wireless Metropolitan Area Network): Es la conexión usada en las grandes ciudades, ya que las tecnologías basadas en WiMax garantizan la cobertura de grandes extensiones. Para ello, se usa el estándar de comunicación inalámbrico bajo la norma IEEE 802.16. La principal ventaja es que cuentan con una mayor cobertura y ancho de banda, para facilitar la conexión de varios usuarios a la vez (CCM.net, 2017).

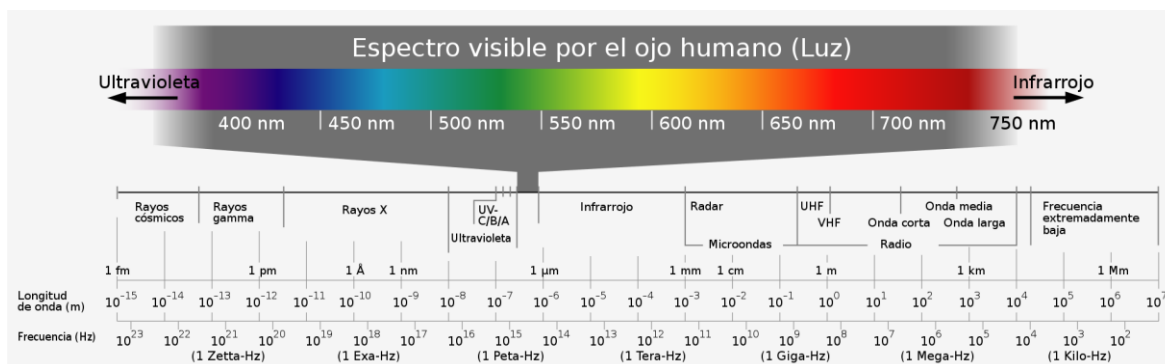
4. WWAN (Wireless Wide Area Network): En este caso, utiliza tecnologías de redes celulares para las conexiones entre los dispositivos: LTE, GSM, CDPD (Computer Control, 2020).

Cabe destacar que las redes inalámbricas pueden usar diferentes tipos de ondas para transmitir los datos. La elección de una u otra tecnología depende del medio que se use, y cada uno tiene sus ventajas y desventajas:

1. Microondas terrestres: En este caso, se usan antenas parabólicas ubicadas en varios puntos de la ciudad. Para permitir una mejor conexión, se usan enlaces punto a punto que facilitan la comunicación entre emisor y receptor. Cabe destacar que la transmisión de datos puede afectarse en caso de lluvias, por ejemplo. Operan en un rango de frecuencia comprendido entre 1 y 300 GHz (CCM.net, 2017; Mora, 2004).

2. Microondas por satélite: Implica el uso de equipos ubicados en la alta atmósfera. La comunicación se realiza al establecer enlaces entre dos o más estaciones terrestres, denominadas estaciones base. El satélite recibe la señal ascendente en una determinada banda de frecuencia, la cual es luego amplificada y retransmitida hacia otro punto. El principal inconveniente es que la señal puede interferir con otras frecuencias (CCM.net, 2017; Mora, 2004).

3. Infrarrojos: En esta categoría, se usan transmisores y receptores que operan con frecuencias de luz infrarroja. Para ello, es recomendable que no existan interferencias físicas, ya que la conexión no es capaz de atravesar las paredes. Operan en frecuencias ubicadas entre los 300 y 384 GHz (CCM.net, 2017; Mora, 2004). En el siguiente gráfico, se especifica la clasificación de las ondas dentro del espectro visible por el ojo humano.



**Figura 1. Espectro de las ondas electromagnéticas.**

Fuente: Wikipedia (S.f)

Actualmente, las redes inalámbricas tienen varios usos importantes, que facilitan la comodidad del usuario. Se suelen usar para conectar ordenadores portátiles, teléfonos y otros aparatos, por ejemplo. Las redes inalámbricas cuentan con un amplio ancho de banda, lo cual es útil para permitir la conexión de varios equipos a la vez. Sin embargo, hay que considerarse que las ondas pueden ser fácilmente intervenidas, y por ello se deben implementar cifrados complejos que resguarden la información que viaja por la red (CCM.net, 2017).

### 6.1.2. Bandas y espectros de frecuencia de las redes LAN Inalámbricas

Las redes LAN inalámbricas funcionan al convertir los datos en señales radioeléctricas, que operan en una frecuencia dentro del espectro electromagnético. Esto quiere decir que toda la información que se genera en cada uno de los terminales conectados a la red se transforma en señales que pueden viajar a través del aire, las cuales son captadas por un terminal receptor y son interpretadas como datos (Mora, 2004; Santana, 2015).

Cabe destacar que cada una de las frecuencias se usa de acuerdo con las distancias y velocidades que sean necesarias para transmitir efectivamente la señal. Lo mismo sucede con las redes inalámbricas, las cuales operan en dos frecuencias preestablecidas y es por

eso que debe considerarse este dato al momento de diseñar la red adecuada para cada institución (Mora, 2004; Santana, 2015).

A nivel de telecomunicaciones, cuando la frecuencia es menor la señal tendrá menos interferencias, lo que redundará en una mejor cobertura, pero compromete la velocidad. Por el contrario, cuando la frecuencia es mayor la velocidad mejora, pero el radio de cobertura es limitado. En este sentido, las bandas usadas en las redes inalámbricas se ubican entre los 2.4 GHz, 3 GHz y 5 GHz, las cuales son los estándares más comunes. En redes inalámbricas de mayor tamaño, es posible que se usen frecuencias de 66 GHz (Mora, 2004; Santana, 2015). Vale centrar la atención en las dos frecuencias más usadas, 2.4 GHz y 5 GHz, ya que son el estándar más utilizado en la arquitectura de este tipo de redes. El siguiente cuadro comparativo permite establecer las ventajas y desventajas de cada una de estas frecuencias, las cuales deben ser consideradas al momento de diseñar la red, con el fin de cubrir las necesidades de la institución (Mora, 2004; Santana, 2015). En el siguiente cuadro, se comentan brevemente las ventajas y desventajas de cada frecuencia:

<b>Frecuencia</b>	<b>Ventaja</b>	<b>Desventajas</b>
2.4 GHz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los dispositivos más alejados pueden acceder a la red, ya que garantizan un amplio radio de cobertura.</li> <li>2. Son compatibles con varios dispositivos, los cuales vienen preconfigurados para operar en esta frecuencia.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Generalmente, la frecuencia se ve saturada debido a la gran cantidad de dispositivos que están conectados al mismo tiempo.</li> </ol>
5 GHz	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuentan con un mayor ancho de banda, lo cual es una ventaja para instituciones donde haya un mayor tráfico de datos.</li> <li>2. La señal es más estable y con menos interferencias, dado que no es una frecuencia que se use comúnmente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El radio de cobertura es limitado, por lo que su uso se limita a espacios pequeños</li> <li>2. Limita la cantidad de dispositivos que pueden estar conectados a la red.</li> </ol>

**Tabla 1. Comparativa de frecuencias usadas en redes inalámbricas.**

Fuente: Adaptado de Santana, 2015.

**6.1.3. Ventajas y desventajas de las redes LAN inalámbricas**

Sin duda, la principal ventaja de una red LAN inalámbrica consiste en que permite conectar todos los equipos de un mismo espacio entre sí. Con esto, es posible el intercambio de archivos y el trabajo de forma colaborativa, ya que todos los miembros del personal pueden tener acceso a la información, cuando así lo requieran. Además, la conexión permite acceder a internet, lo que garantiza el acceso a recursos e información adicionales, con el fin de facilitar el desarrollo de las tareas del personal (Corral, 2016).

La otra gran ventaja consiste en que las redes inalámbricas no requieren de la modificación de la estructura (agujerear paredes, insertar tuberías para proteger los cables, instalar terminales de acceso), para proveer del servicio de internet a la infraestructura. Este es un factor a considerar en el desarrollo de la red, bien sea porque el edificio no puede ser modificado (como en el caso de instalaciones de valor histórico, museos y obras del patrimonio arquitectónico), o porque el costo de los materiales usados en una red de cable supera el presupuesto que se ha asignado (Mora, 2004; Santana, 2015).

Por otro lado, la relativa facilidad de la instalación es una gran ventaja, ya que basta con colocar los equipos en los puntos estratégicos que se han identifica previamente, dentro de la planta física, para proveer de internet a todos los equipos de la red. Precisamente, el diagnóstico del edificio y la ubicación de los equipos es el primer paso para luego organizar la estructura de la red (Mora, 2004; Santana, 2015).

Esto no excluye, sin embargo, que este tipo de redes cuenten con ciertas desventajas, que se deben considerar al momento del desarrollo del proyecto. Por ejemplo, los equipos deben estar ubicados lo suficientemente cerca, ya que el área de cobertura suele ser limitada. Además, es posible que, si se conectan muchos equipos, el servidor se sature, lo que resulta en una pésima velocidad de conexión y transferencia de datos (Mora, 2004; Santana, 2015).

Por ello, es importante seleccionar el diseño que se adecúe a las necesidades de la institución y a las actividades que se realizan dentro de ella. De esta forma, se garantiza una conexión estable en todo momento. En la siguiente tabla, se resumen algunas ventajas y desventajas importantes de las redes LAN, las cuales se deben considerar antes de implementar el diseño de red correspondiente (Corral, 2016):

Ventajas	Desventajas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Los usuarios pueden compartir programas, archivos, recurso y otros datos.</li> <li>2. Es posible que varios usuarios puedan acceder y usar equipos compartidos, como por ejemplo impresoras.</li> <li>3. En caso de que falle una estación de trabajo, el resto de los usuarios no se verá afectado.</li> <li>4. Es posible realizar un monitoreo sobre todos los equipos de la red.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Es posible que haya incompatibilidad al usar software de diferentes marcas.</li> <li>2. Los equipos deben estar cerca, ya que no cuenta con un amplio rango de cobertura.</li> <li>3. Es posible que, si un hacker se hace del control de un terminal pueda acceder al resto de la red.</li> <li>4. El uso de recursos compartidos puede saturar al servidor y producir una carga innecesaria a otros equipos.</li> </ol>

**Tabla 2. Comparativa ventajas y desventajas redes LAN inalámbricas.**

Fuente: Adaptado de Corral, 2016

#### **6.1.4 Estándares usados en redes inalámbricas LAN (IEEE 802.11)**

Para facilitar las conexiones dentro de las redes, es posible usar varios estándares con los cuales los equipos pueden intercambiar recursos y datos entre sí, En este apartado, se centra la atención en el estándar IEEE 802.11, que sirve como base para la mayoría de las conexiones LAN y que es la base para las redes que usan WiFi (Infochannel, 2015; Periodista Digital, 2017).

El estándar 802.11 consiste en un conjunto de normas inalámbricas, que salió a la luz en 2009, que usa las frecuencias 5 GHz para la conexión a internet. Cuenta con una mejora significativa de las versiones anteriores de WiFi, principalmente porque utiliza múltiples radios y técnicas más avanzadas para transmitir y recibir la señal. Adicionalmente, gracias a este estándar las conexiones pueden alcanzar una velocidad de hasta 600 Mbps. Desarrollado por el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE en inglés), garantiza la compatibilidad entre varios dispositivos (Infochannel, 2015; Periodista Digital, 2017).

Gracias a ello, suele ser el estándar más usado en los dispositivos del hogar y oficinas, al garantizar que los aparatos se conectarán a la red sin mayores inconvenientes. Cabe

destacar que este estándar es la base de la tecnología WiFi que se usa actualmente (Infochannel, 2015; Periodista Digital, 2017).

## **6.2. Arquitectura de las redes LAN inalámbricas**

### **6.2.1. Introducción**

Una red LAN inalámbrica (WLAN por sus siglas en inglés) es un sistema que permite conectar varios dispositivos, sin necesidad de usar cables para lograr la comunicación entre los equipos. Operan gracias a las ondas de radio, generalmente en las frecuencias ubicadas entre los 2.4GHz y 5 GHz. Para ello, los datos que se generan en cada terminal son transformados en ondas de radio, los cuales se comparten con otros equipos que tienen la capacidad de recibir la señal y transformarla en información con la que el usuario puede interactuar (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Gracias a ello, se han convertido en una configuración preferida para proveer servicios de internet a instituciones y hogares. La facilidad de uso y configuración, y el hecho de que no es necesario realizar modificaciones en la estructura para completar la instalación, es una ventaja para el usuario promedio que necesita el acceso a internet (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

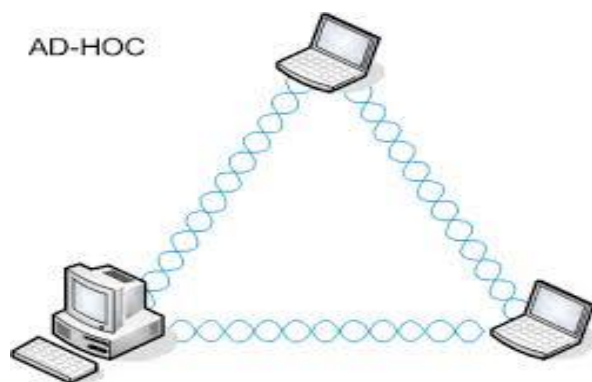
Además, el hecho de que la mayoría de los dispositivos traiga la configuración de fábrica para operar bajo esta estructura, facilita la conexión entre los equipos. Por eso, es una opción a considerar cuando se requiere hacer una instalación dentro de una institución. Claro está, la manera en cómo se organizan los equipos dependerá de las necesidades de los usuarios, de la cantidad de datos que usan y la cantidad de conexiones que estarán activas al mismo tiempo. Factores estos que deben ser tomados en cuenta al momento de planificar el diseño (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

### **6.2.2. Arquitectura de las redes LAN inalámbricas**

Una red LAN está compuesta por hardware y software, que comparten conexiones entre sí con las cuales pueden intercambiar recursos, archivos y datos (Salazar, 2016). Por supuesto, esta red está enmarcada en un área determinada, que generalmente se extiende a través de un edificio o una instalación, por ejemplo. En el caso de las redes LAN inalámbricas, la infraestructura puede asumir alguno de los modelos acá descritos:

1. Independent Basic Services Set (IBSS): Se trata de una celda inalámbrica, la cual no tiene sistema de distribución y carece de conexiones con otras redes (Salazar, 2016).

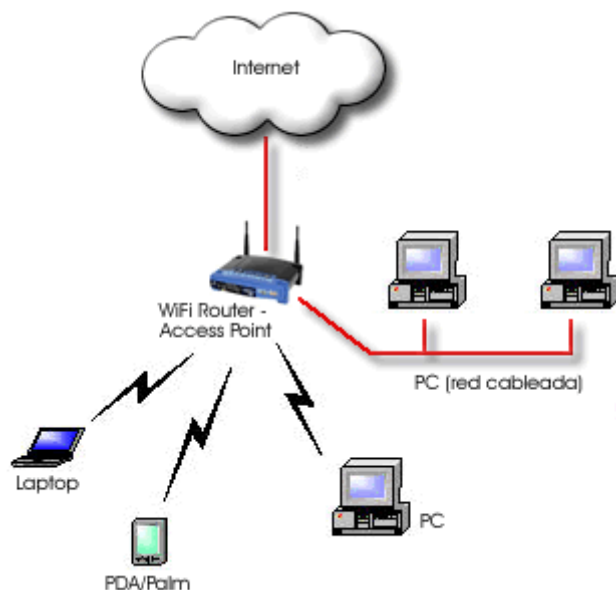
2. Modo Ad-Hoc: Se trata de una variante de la red anterior, en donde las funciones de coordinar las conexiones son asumidas por cualquiera de las estaciones de la red. Gracias a ello, el tráfico de información va de un dispositivo al otro, sin tener que pasar por una jerarquía superior centralizadora. Con ello, se obtiene el máximo provecho del canal de comunicación. Sin embargo, cabe acotar que la cobertura es determinada por la distancia máxima que existe entre dos estaciones. No suele ser el modo más usado, pero resulta útil para repartir el tráfico entre todos los equipos que componen la red (Salazar, 2016).



**Figura 2. Estructura de red, modo Ad-Hoc.**

Fuente: Todos sobre redes (S.f)

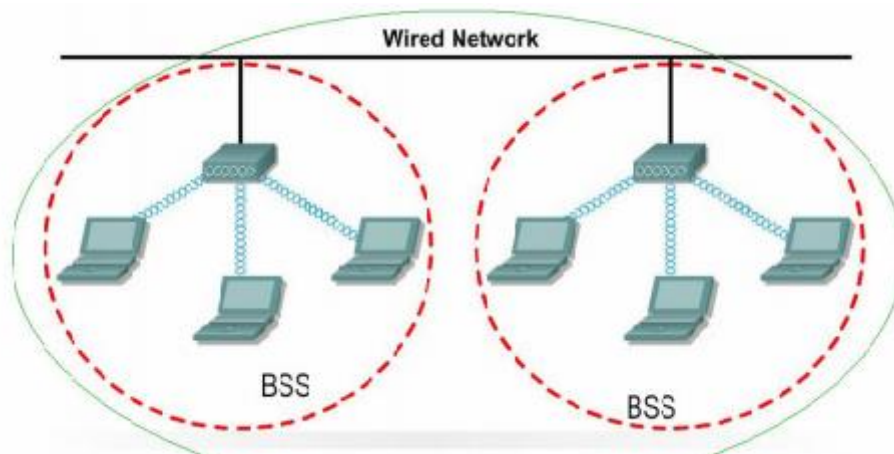
3. Modo infraestructura: En estas redes, existe un punto de acceso que realiza las funciones necesarias para coordinar las conexiones. En términos más simples, todos los paquetes de información pasan por el terminal de acceso. Esto representa una desventaja cuando dos estaciones dentro de un mismo BSS desean comunicarse, ya que implica que los datos son enviados al punto de acceso antes de llegar al destino. Sin embargo, cabe destacar que es una estructura muy útil en el caso de que la mayor parte de las conexiones terminen en redes exteriores, a las cuales se le envía el tráfico gracias al punto de acceso. En este tipo de redes, es importante que los puntos de acceso se encuentren dentro de la zona de cobertura (aunque no puedan verse) para realizar la conexión. Estas cuentan con más área de cobertura y por lo general se usan para conectar redes de acceso a internet y redes locales de empresas (Salazar, 2016).



**Figura 3. Estructura de red, modo infraestructura.**

Fuente: Seguridad en redes, 2015

4. BSS Extendido (ESS): Se trata de un conjunto de BSS asociados mediante un sistema de distribución. En este caso, la red se consigue al unir varios BSS a un sistema de distribución (DS) (Salazar, 2016).



**Figura 4. Estructura de red BSS Extendido.**

Fuente: Tipologías WLAN, 2014

### 6.2.3. Seguridad en redes LAN inalámbricas

Un aspecto a considerar es la seguridad de las redes LAN. Como cualquier otra, son susceptibles de ataques o accesos desautorizados, por lo que se deben considerar las

contramedidas necesarias para evitar que esto ocurra. En términos generales, el ingeniero en sistemas informáticos siempre tendrá que implementar algún protocolo con el cual asegurar la integridad de las estructuras (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

El principal elemento que juega en contra es su popularidad. Dado que esta arquitectura de redes se ha implementado en las más diversas instituciones, es fácil para un atacante suponer que la institución cuenta con este diseño. Si las conexiones se dejan abiertas, es decir, no es necesario que el usuario se autentique para acceder a la conexión, es posible que pueda usar los recursos de forma indiscriminada. Además, es posible que, una vez lograda la conexión, pueda ejecutar códigos o programas que interfieran con otros equipos. De igual forma, destaca el hecho de estas redes pueden ser monitoreadas, con el fin de conocer el tráfico que pasa por ellas (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Por eso, las opciones van desde limitar el acceso de usuarios, configurar adecuadamente la dirección MAC hasta utilizar VPN que permitan mantener la integridad de la conexión. Incluso, puede pensarse en la posibilidad de usar firewalls para evitar la entrada de usuarios no deseados. Pero más importante, es que cada miembro del equipo tenga a resguardo sus claves de acceso y opciones de conexión, además de no facilitar los permisos de usuario a otras personas. La educación y la prevención son el arma más eficaz contra los ataques (Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

## **6.3. Redes dual band**

### **6.3.1. Introducción**

Las redes dual band están compuestas por dispositivos que pueden operar tanto en la banda de frecuencias de 2.4 GHz como en la de 5 GHz. Con esto, se garantiza una conexión más fluida y con menos interrupciones, ya que son bandas dedicadas precisamente a los servicios de internet. Por ello, recientemente los dispositivos cuentan con configuraciones preestablecidas de fábrica que les permitan operar en esta modalidad. Para el usuario, implica que las conexiones cuenten con mayor estabilidad, lo cual es importante para garantizar el funcionamiento de los servicios actuales, tales como la descarga de archivos grandes, ver videos en línea o acceder a servicios de streaming, por ejemplo.

### **6.3.2. Características, ventajas y desventajas de las redes dual band**

Que un dispositivo sea dual band, implica que puede operar tanto en la frecuencia de 2.4 GHz como en la de 5 GHz. Es decir, el dispositivo, por su propia cuenta, será capaz de detectar cuál es la mejor señal para operar en ese momento y escogerá aquella frecuencia que se encuentre menos saturada (Cosmed, 2015; Mateus, 2013).

Hay una sutil diferencia entre cada frecuencia, que es importante considerar al momento de seleccionar los dispositivos que componen la red institucional. La frecuencia de 2.4GHz llega más lejos, que implica que los dispositivos más alejados pueden disfrutar del acceso a internet. Se recomienda que esta frecuencia se use para compartir datos y visitar páginas web, pero hay que considerar que esta frecuencia suele estar muy congestionada por lo que es común que haya interrupciones y fluctuaciones en la transferencia de datos (Cosmed, 2015; Mateus, 2013).

Como contrapartida, la frecuencia de 5 GHz suele usarse para la visualización de videos en línea, ya que no tiene tantas interrupciones como su contraparte. Por ser una frecuencia de uso limitado, es recomendada para actividades que requieren un mayor tráfico de datos. Sin embargo, su principal limitación es el alcance, ya que para lograr el máximo provecho es necesario que los dispositivos se encuentren cerca (Cosmed, 2015; Mateus, 2013).

La principal ventaja de este tipo de redes es que los dispositivos vienen preconfigurados para escoger la frecuencia que usarán, dependiendo de la cantidad de datos en tránsito y la actividad que se desarrolla. Por eso, la principal ventaja es que el proceso se encuentra automatizado y no es necesario que el usuario realice configuraciones adicionales (Cosmed, 2015; Mateus, 2013).

## **6.4. WiFi**

### **6.4.1. Introducción**

El WiFi puede ser definido como tecnología especializada para facilitar la conexión de varios dispositivos electrónicos, sin la necesidad de usar cables. Gracias a ello, los equipos pueden establecer conexiones entre sí o conectarse a través de un punto de acceso de red inalámbrica a internet, por lo que se ha convertido en una tecnología muy popular y de uso frecuente entre quienes navegan la red (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Para lograr la conexión, la tecnología WiFi usa una serie de estándares basados en la especificación IEEE 802.11. Gracias a ello, todos los equipos que incorporan esta herramienta se encuentran certificados para operar bajo este estándar. Dicha característica asegura la interoperabilidad de los equipos y la compatibilidad entre diferentes dispositivos (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Cabe destacar que el WiFi tiene un radio de uso limitado, por lo que se recomienda su implementación en pequeños locales o sitios modestos, tales como cafeterías, hoteles, restaurantes, bibliotecas o pequeñas oficinas. Pese a ello, la conexión es bastante segura y estable, y es por ello que se ha convertido en un atractivo tan popular en varios espacios públicos, o como una solución para espacios reducidos

Una red WiFi funciona con un equipo centralizado, llamado enrutador o router, que cuenta con conexión a internet y una antena. Este dispositivo redistribuye la señal a todos los equipos que se encuentran cerca del área de cobertura. Vale decir que, para conectarse al enrutador, los demás dispositivos deben ser compatibles con la tecnología WiFi (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Gracias a esta tecnología, es posible que varios usuarios estén conectados a la vez sin que haya interrupciones en el servicio. El WiFi suele operar bajo dos estándares, los cuales son los más implementados a nivel mundial:

1. Los estándares IEEE 802.11b, IEEE 802.11g e IEEE 802.11n, los cuales cuentan con mayor aceptación a nivel mundial. Esto se debe a que la banda de 2.4 GHz está disponible en todas partes, y cuenta con velocidades promedio de 11 Mbps, 54 Mbps y 300 Mbps, respectivamente (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).
2. El estándar IEEE 802.11ac fue implementado desde el año 2013. Opera en las bandas de 5 GHz primordialmente, y su principal ventaja es que la señal cuenta con pocas interferencias. Aunque su alcance es limitado, proporciona una mejor calidad de conexión, alcanzando velocidad promedio de 433 Mbps (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

#### **6.4.2. Ventajas y desventajas del WiFi**

Las redes tipo WiFi se han vuelto populares, y por eso se han implementado en lugares públicos y particulares. En varias zonas de interés, como museos o plazas, se han desarrollado proyectos para garantizar el acceso a internet, El contar con una señal estable

y que se puede configurar en pocos segundos es lo que despierta el interés de los usuarios (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Entre las ventajas de este tipo de red, se puede mencionar la configuración rápida para la conexión. Es posible que el usuario requiera registrarse y autenticarse, pero una vez completado este paso el dispositivo recuerda la configuración y se conecta automáticamente cada vez que el usuario se acerca a la zona. Generalmente, cada dispositivo cuenta con la configuración necesaria para acceder a las redes WiFi disponibles, y basta con acceder a esta opción para detectar las redes disponibles. Por otro lado, como cuentan con un amplio ancho de banda, es posible que se conecten varios usuarios al mismo tiempo sin afectar la calidad de la señal (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

Como desventaja hay que considerar que la mayoría de las redes WiFi son susceptibles de interferencia. Por ejemplo, las lluvias torrenciales pueden afectar la calidad. Además, son más susceptibles de ataques, y ya que cualquiera puede conectarse, ejecutar el código malicioso y retirarse, es muy difícil que pueda precisarse al responsable. Finalmente, hay que considerar que los intrusos pueden usar las redes WiFi para descargar archivos y programas ilegales, enviar correos masivos o acceder a sistemas remotos (Cosmed, 2015; Mateus, 2013; Mora, 2004; Santana, 2015; Salazar, 2016).

En tal sentido, durante el diseño de la red es necesario considerar las ventajas y desventajas que pueden desprenderse del uso de los equipos, y es responsabilidad del diseñador explicar las características del diseño a sus usuarios, para que estos tomen las previsiones del caso.

#### **6.4.3. Interferencia y atenuación en redes WiFi**

Las redes WiFi usan un espectro amplio de señales de radiofrecuencia, las cuales pueden verse alteradas. Factores diversos, como materiales ubicados en el medio ambiente o las condiciones climáticas pueden alterar la calidad de la señal, y por ello es importante que la inspección in situ focalice la atención en aquellos elementos que pueden comprometer la comunicación entre todos los equipos de la red (Sysadmit.com, 2016).

La interferencia se produce cuando dos señales se superponen. En términos más sencillos, se suele manifestar cuando dos dispositivos operan en la misma frecuencia, lo cual suele afectar el envío y recepción de paquetes de información. En ambientes cotidianos, las interferencias se producen por la presencia de dispositivos de uso común, tales como teléfonos móviles, Wireless, monitores, laptops, entre otros. Por ello, al momento de

realizar la inspección, es importante que se considere qué otros equipos estarán en funcionamiento, con el fin de reducir al mínimo las interferencias y seleccionar los protocolos y señales más adecuados (Sysadmit.com, 2016).

En efecto, la interferencia puede generar malestar en los usuarios de la red. En el caso de que un ambiente exista muchos dispositivos que interfieran en la señal, los que están conectados pueden detectarlo porque se manifiesta una conexión deficiente, la señal es baja, existen retrasos al momento de compartir información o simplemente la conexión suele perderse. Elementos como las paredes y el tamaño de la planta física pueden afectar la potencia de la señal, y es por ello que la inspección al momento de realizar el diseño debe considerar estos elementos (Sysadmit.com, 2016).

En cuanto a la atenuación, se refiere a la pérdida de la potencia de la señal. En un entorno determinado, la señal que viaja por el aire puede encontrarse con obstáculos que disminuyen la fuerza de la onda. Además, materiales comunes como madera, hierro, mármol, cristal y ladrillos pueden afectar la potencia de la señal. Es decir, al momento de desarrollar la inspección también hay que asegurarse de averiguar cuáles son los materiales que se han empleado en la locación, con el fin de evitar las atenuaciones de la red. La siguiente es una tabla que muestra el grado de atenuación que generan algunos materiales de uso común dentro de la construcción (Sysadmit.com, 2016).

<b>Material</b>	<b>Atenuación</b>	<b>Ejemplo</b>
Cristal simple	Baja	Ventana
Madera	Baja	Puerta
Ladrillo	Baja-Media	Pared
Agua	Media	Acuario
Cartón Yeso	Media	Pladur
Yeso	Media	Pared
Cerámica	Media-Alta	Suelo/Pared
Hormigón	Alta	Suelo/Pared
Metal	Alta	Puerta/Pared

**Tabla 3. Materiales de uso común que generan atenuación.**

Fuente: Sysadmit.com, 2016

#### 6.4.4. Opciones usadas para medir la potencia de la señal en redes WiFi

Con el fin de calcular la potencia de la señal, se usan mediciones que permiten conocer la intensidad y la señal recibida (Mdeantonio.com, 2016). Dentro del diseño, los cálculos son importantes para conocer las brechas que pueden producirse entre la señal enviada y la señal que recibe cada dispositivo conectado a la red. En términos generales, se deben considerar estas cuatro mediciones:

**1. Watios (W):** Es la unidad primordial dentro de este tema. Básicamente, se usa para medir la fuerza de las señales radioeléctricas, como las que se usan en las redes WiFi. Por lo general, la potencia máxima que se usa en los puntos de acceso de WiFi de 2.4. GHz es de 100 mW. Sin embargo, la señal recibida ronda los 0,0001 mW. En ese caso, para calcular la diferencia entre la potencia emitida y recibida, se usan logarítmicas. Importante este punto, cuando se construye el diseño de la red (Mdeantonio.com, 2016).

**2. Decibelios (dB):** El decibelio es una unidad que establece la razón entre dos cantidades, en este caso puede ser comparar la potencia de un emisor (punto de acceso) y un receptor (dispositivo conectado a la red. La fórmula para calcularlo se expresa de la siguiente forma:  $dB = 10 \cdot \log(P1/P2)$ . En términos prácticos, si tenemos un punto de acceso que emite 100 mW y un dispositivo que recibe 10 mW, la atenuación de la señal sería de -10dB. Esto es útil para conocer la brecha entre la señal que se emite y la señal recibida (Mdeantonio.com, 2016).

**3. Decibelio-milivatio (dBm):** Es una unidad de medida de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a 1 milivatio (mW), que comprueba la calidad de la señal. En este caso, y retomando el ejemplo anterior, la fórmula para obtenerla se expresa de esta forma:  $dBm = 10 \cdot \log(0,00001) = 10 \cdot -5 = -50$ . Una medida de -50 dBm indica que la señal es buena, y que puede funcionar sin problemas (Mdeantonio.com, 2016).

**4. Received Signal Strength Indicator (RSSI):** Es el indicador de la señal recibida. En este caso, permite saber si la señal cuenta o no con suficiente intensidad, y para ello se usa la fórmula que calcula el dBm. En todo caso, la escala arrojada adquiere los siguientes rangos (Mdeantonio.com, 2016):

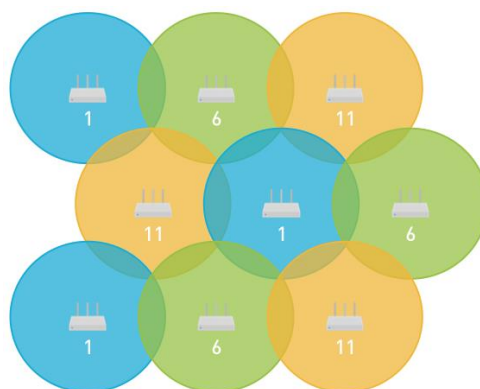
- de -30 dBm a -60 dBm: Es una señal idónea, que garantiza transferencias estables.
- -60 dBm: Señal buena, que garantiza estabilidad en un 80%.
- -70 dBm: Enlace normal, aunque es posible que la conexión sufra inconvenientes.
- -80 dBm: Es la señal mínima aceptable, aunque no garantiza la estabilidad.
- >-90 dBm: Señal inaceptable, problemas constantes de conexión y estabilidad.

En el diseño de una red, se deben considerar todas las mediciones acá explicadas, ya que pueden revelar puntos ciegos o defectos en el diseño (Mdeantonio.com, 2016). En tal sentido, la adopción de un nuevo diseño pasa por hacer todos los cálculos necesarios para garantizar la estabilidad de la red, y brindar un servicio permanente y de calidad a todos los usuarios.

#### 6.4.5. Canales en WiFi dentro de bandas 2.4 GHz y 5 GHz

Las redes inalámbricas que operan bajo el protocolo 802.11 operan en dos espectros: 2.4 GHz y 5 GHz. Cada uno de estos espectros cuenta con sus canales asignados, con el fin de garantizar que no existan pérdida de datos y la conexión se mantenga estable durante el mayor tiempo posible. Aunque la mayoría de los equipos y dispositivos vienen configurados para operar en un espectro y canal específico, pero esto no quiere decir que sea posible modificarlos para adaptarse a las necesidades de los usuarios de la red (Cisco, s/f; Metageek, s/f; NetSpot, s/f).

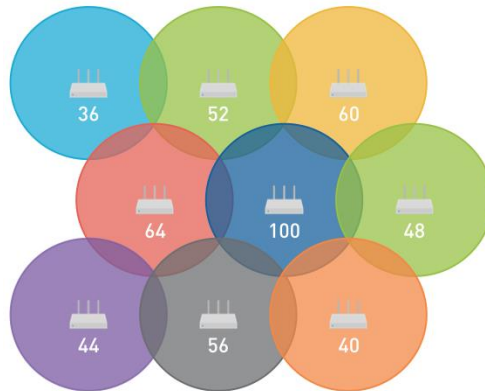
Dependiendo del espectro seleccionado, es posible determinar los mejores canales para el funcionamiento y estabilidad de la red. Por ejemplo, en el espectro de 2.4 GHz, se usan los canales 1, 6 y 11 con el fin de minimizar la interferencia entre canales. Aunque puede parecer una medida contraproducente, la solución pasa por colocar los puntos de acceso lo más alejados posible, con el fin de que el área de cobertura no se vea afectada. Así, se usan celdas pequeñas para mantener una mejor distribución de la señal. En todo caso, es recomendable que cada celda solo garantice el acceso a un número determinado de clientes (Metageek, s/f; NetSpot, s/f).



**Figura 5. Disposición de equipos WiFi en frecuencia 2.4GHz, para evitar solapamiento de canales.**

Fuente: (Metageek, s/f; NetSpot, s/f).

En el espectro de 5 GHz, los canales suelen sobreponerse entre sí, y es por ello que se usan los canales 36, 52, 60, 64 y 100. Estos se encuentran menos saturados, por lo que la señal tiene menos interferencia y es más estable. Valga recalcar que el espectro 5GHz ofrece una conexión más rápida, pero el alcance de la red suele ser limitado. En este caso, la asignación de canales facilita la interconexión entre células (Cisco, s/f).



**Figura 6. Disposición de equipos WiFi en frecuencia 5GHz, para evitar solapamiento de canales.**

Fuente: (Metageek, s/f; NetSpot, s/f).

Las ventajas con respecto a la asignación de canales contribuyen a mejorar la estabilidad de la red, además de que permite la redistribución de la señal a lo largo del área de cobertura, importante cuando hay varios usuarios usando sus equipos al mismo tiempo (Cisco, s/f; Metageek, s/f; NetSpot, s/f). Es por ello que, dentro del diseño de la red, hay que considerarlas buenas prácticas para la asignación de los canales dentro del espectro usado, con el fin de garantizar una cobertura óptima y disminuir las interferencias posibles.

#### **6.4.6. SU-MIMO (Simple-User Multiple-input Multiple-output)**

La tecnología MIMO fue introducida con la llegada del estándar 802.11n, en el año 2007. Esta solución permite que un dispositivo pueda conectarse con un router o AP de manera simultánea (Computer Hoy, 2017). Esto no significa que, cuando existe más de un dispositivo necesite conectarse, se procede a establecer una cola. Con esto, a cada dispositivo se le asigna su turno para poder recibir y enviar datos dentro de una red inalámbrica. Aunque es útil para organizar las conexiones, tiene sus desventajas: a mayor sea el número de dispositivos que requieran conectarse, mayor va ser la cola y, en consecuencia, el tiempo de espera (Computer Hoy, 2017).

#### **6.4.7. MU-MIMO (Multi-User Multiple-input Multiple-output)**

MIMO es la abreviación de Multi-User Multiple Input, Multiple Output, lo que quiere decir que se trata de una tecnología que facilita la conexión de varios usuarios al mismo tiempo. Básicamente, nació como una solución para aprovechar el ancho de banda que ofrecían los dispositivos que salieron luego del 2013. (Computer Hoy, 2017).

MU-MIMO, como su nombre indica, es una solución práctica para facilitar la conexión de varios dispositivos al mismo tiempo. Para ello, el equipo WiFi establece flujos separados de datos con una velocidad constante y estabilidad adecuada para garantizar la experiencia del usuario. En términos simples, la tecnología MU-MIMO se encarga de mejorar y reconducir el flujo de datos, al momento en que detecta que varios usuarios están utilizando la misma conexión (Computer Hoy, 2017).

En las especificaciones de la solución tecnológica WiFi, se detalla cuál es el límite de dispositivos que pueden conectarse a la vez. Por lo general, se expresan con dos cifras de la siguiente forma: 2x2 (dos dispositivos, de forma simultánea), 3x3 (tres dispositivos) o 4x4 (4 dispositivos). Los dispositivos que cuentan con el estándar 802.11n y el nuevo estándar 802.11ac poseen esta característica, pues están pensados para ser usados en redes WiFi que brindan servicios a varios usuarios al mismo tiempo (Computer Hoy, 2017). En el diseño de una red, es recomendable considerar la posibilidad de incorporar equipos que soporten MU-MIMO, ya que facilitará el uso compartido de la conexión sin interrupciones o retrasos considerables.

### **6.5 Calidad de servicio (QOS)**

#### **6.5.1. Introducción**

Dentro de los sistemas de comunicación, se debe asegurar la calidad de transmisión de paquetes de datos, voz, video dentro de un punto a otro. Los usuarios esperan que las conexiones sean estables y les permitan desarrollar las tareas más básicas y fundamentales para el bienestar de la institución (Cabello, 2015; Cisco, 2009).

Por eso, dentro del diseño de la red se deben considerar las mejoras y medidas necesarias para garantizar la calidad de la conexión. Las principales medidas se dirigen a admitir un mayor ancho de banda dedicado, evitar la pérdida de datos, evitar los atascos de la red y optimizar el uso de los recursos disponibles.

Sin embargo, estos paquetes pueden presentar problemas en su transmisión o recepción, y por eso es tan importante que cada red cuente con herramientas para gestionar el tráfico y, de esa forma, garantizar la mejor conexión posible (Cabello, 2015; Cisco, 2009).

En general, los problemas comunes que enfrenta una red se pueden clasificar en pérdida de paquetes, retraso y jitter. Por lo cual, dependiendo de la naturaleza y uso de la red, será necesario configurar las opciones adecuadas para mejorar la experiencia del usuario (Cabello, 2015; Cisco, 2009).

### **6.5.2. Pérdida de paquetes (Packet Loss)**

Se refiere a la pérdida parcial o total de toda la data de un paquete, que viajaba entre la red, desde el transmisor al receptor. Puede notarse, por ejemplo, cuando en medio de una llamada el video salta de un punto a otro, lo que implica que una parte de la información se ha perdido. La pérdida de paquetes origina los siguientes problemas de servicio en la red (Cabello, 2015; Cisco, 2009):

- Voz robotizada.
- Comunicación entrecortada.
- Perdida de conexión.

Generalmente, la pérdida de paquetes se debe a errores en el software de los dispositivos, o porque estos tienen un bajo rendimiento. En todo caso, dentro del diseño de redes, hay que considerar la opción de actualizar todos los programas usados en las estaciones de trabajo, así como escoger aquellos equipos que sean más eficientes y que tengan mejor desempeño.

### **6.5.3. Retraso (Delay)**

Se refiere al tiempo que le toma llegar un paquete de datos de un punto a otro. Cuando las redes están congestionadas, es posible que se produzcan atascos que retrasan la entrega de los paquetes de información, y por eso se originan los siguientes problemas de servicio en la red (Cabello, 2015; Cisco, 2009):

- Voz robotizada.

- Audio entrecortado.
- Retraso en el audio, desde que una persona habla y otra persona la recibe

#### **6.5.4. Jitter**

Se refiere a que el paquete de un transmisor puede llegar con diferentes retardos de tiempo al receptor, ocasionando congestión en la red (Cabello, 2015; Cisco, 2009):

- Estática o Voz robotizada.
- Retraso en el audio.
- Comunicación entrecortada.
- Pérdida de conexión.

## **6.6. Criterios para el diseño de una red de WiFi**

### **6.6.1. Introducción**

Finalmente, la implementación de un diseño de red WiFi pasa por considerar los criterios necesarios que garanticen la satisfacción de los usuarios. Sin importar la institución o empresa donde se quiera implementar la mejora, la decisión debe basarse en la racionalidad, el buen aprovechamiento de los recursos y las necesidades particulares de la empresa. No se trata simplemente de agregar equipos porque estén de moda, o sean la solución más reciente del mercado. Antes bien, el ingeniero propondrá aquellas soluciones que mejor complementen los requerimientos de la empresa Mtnet (2016).

A grandes rasgos, existen cinco criterios fundamentales que deben ser tomados en cuenta antes de implementar cualquier proyecto dentro de esta área, a saber, Mtnet (2016):

1. Costo: Esta puede ser una limitante en algunos proyectos. Es posible que la institución no cuente con el dinero para financiar una solución de esta envergadura. Además, no solo se trata de comprar equipos, los cuales suelen ser más caros si son novedosos. Es posible que una institución deba contratar planes de servicios, licencias y suscripciones para el funcionamiento de su nueva red, lo que implica que la empresa queda comprometida a largo plazo. En caso de que los fondos sean insuficientes, las mejoras perderán todo su sentido. Se dará la situación en donde la institución cuenta con los equipos de punta, pero no puede disfrutar del servicio de internet. En ese caso, hay que pensar en los costos en

el corto (si se puede financiar el proyecto o no) y largo plazo (si se puede sostener la inversión en el tiempo).

2. Infraestructura crítica: De alguna forma, hay que garantizar que la estructura estará siempre disponible para los usuarios. Se espera que la red siempre cuente con buen funcionamiento y se pueda trabajar con ella, de otra forma no tendría sentido si los usuarios no pueden conectarse a internet o descargar los archivos que necesitan para completar las tareas cotidianas. Entonces, de presentarse esta situación, la red causaría más frustración que aportes positivos.

3. Integración con la red de cable: Es recomendable que las redes WiFi cuenten con soporte para conectarse a las tradicionales redes de cable. Estas suelen ser más estables y por lo general las más usadas, así que es importante que se considere esta opción dentro del diseño.

4. Densidad y capacidad: Es necesario que los usuarios sean realistas con las capacidades de la red. En ocasiones, se espera que las redes WiFi cuenten con muchos equipos conectados y que trabajen a velocidades óptimas. Tal requerimiento puede no ser realista, ya que toda red sufre el riesgo de colapsarse si hay muchas conexiones activas. Por ello, más que colocar varios puntos de acceso, también es conveniente implementar políticas para el acceso de los usuarios, por ejemplo.

5. Soporte técnico: La disponibilidad del soporte técnico debe considerarse dentro del proyecto. Eventualmente, los equipos pudieran presentar fallas o incluso requerir actualizaciones. En todo caso, como primera medida, es recomendable que la red sea lo más amigable posible, de forma tal que el usuario solo se limite a conectarse sin necesidad de implementar configuraciones complicadas. Aquí, la idea de mantenerlo simple puede resultar de utilidad.

Además de esto, existen otros criterios que deben ser tomados en cuenta para el desarrollo del diseño: Zonas de cobertura, roaming, ubicación de los APs, antenas, y site survey, por ejemplo. Un breve repaso de estos términos será esencial para comprender las implicaciones de un diseño de red.

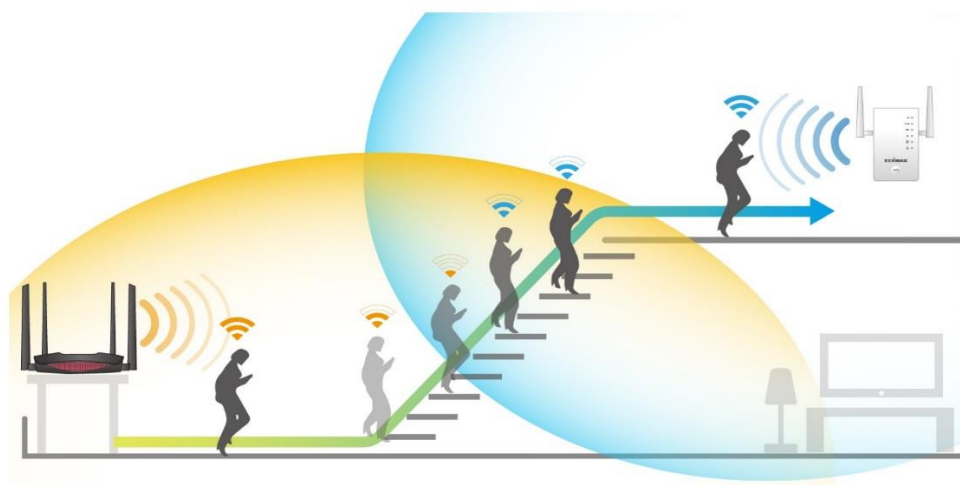
### **6.6.2. Zonas de cobertura y pérdida de señal**

El diseño de una red pasa por conocer las características particulares del edificio, las barreras físicas que pueden existir y el área de cobertura que los equipos ofrecen. Cabe destacar que ningún equipo está exento de fallas, y es posible que las instalaciones físicas

de la institución dificulten la transmisión de datos. Columnas, paredes reforzadas, zonas muy alejadas de los puntos de distribución, entre otros elementos, pueden dificultar la distribución de la señal, y es por eso que primero se debe realizar una inspección física antes de planificar y ejecutar el diseño. Otros factores como la cantidad de equipos conectados, el uso de equipos Bluetooth, microondas o las condiciones ambientales influyen en la calidad de la señal. A todo esto, se le suma que las velocidades de transmisión pueden descender si hay muchos equipos conectados a la red. Por lo general, cada punto de acceso disponible en una zona de cobertura cuenta con una capacidad determinada, que se reparte entre el total de dispositivos conectados. En otros términos, cuantos menos equipos estén conectados la velocidad mejorará (Mtnet, 2016).

### 6.6.3. Roaming

Para contar con una mejor cobertura, los puntos de acceso deben ser ubicados estratégicamente, de forma tal que haya una superposición entre los radios de cobertura. Con esto, el usuario puede desplazarse de un punto a otro sin que se corte la señal a medida que se mueve. Bajo el estándar 802.11, no hay una definición clara sobre este punto. La responsabilidad, entonces, recae en el ingeniero, quien debe considerar la ubicación de los puntos de acceso para facilitar la itinerancia de los equipos (Mtnet, 2016). Como se muestra en el gráfico siguiente, la tecnología de roaming es lo que permite que un usuario siga conectado a la red, mientras se traslada de un punto a otro dentro de un área de cobertura determinada.



**Figura 7. Roaming.**

Fuente: Edimax, S.f.

### 6.6.4. Equipos compatibles con el estándar 802.11

Un punto muy importante a considerar, es la compatibilidad de los equipos. Independientemente de la tecnología inalámbrica que se use, es importante que todo el equipo sea compatible con el diseño de la red. De otra forma, el usuario tendrá que tomar un momento para configurar los equipos antes de conectarlos y usarlos, lo cual retrasa la ejecución de las tareas comunes. Además, en el diseño de la red se deben incluir aquellos equipos vitales para el funcionamiento de la misma, tales como adaptadores y antenas, por ejemplo (Mtnet, 2016).



Figura 8. Ejemplo de un site survey.

Fuente: CTC Technologies, S.f.

### 6.6.5. Equipos compatibles con el estándar 802.11

Un punto muy importante a considerar, es la compatibilidad de los equipos. Independientemente de la tecnología inalámbrica que se use, es importante que todo el equipo sea compatible con el diseño de la red. De otra forma, el usuario tendrá que tomar un momento para configurar los equipos antes de conectarlos y usarlos, lo cual retrasa la ejecución de las tareas comunes. Además, en el diseño de la red se deben incluir aquellos

equipos vitales para el funcionamiento de la misma, tales como adaptadores y antenas, por ejemplo (Mtnet, 2016).



**Figura 9. Equipos compatibles con el estándar 802.11.**

Fuente: Adslzone.net, 2016

#### **6.6.6. Puntos de acceso**

Son los dispositivos que facilitan la conexión de los equipos a la red. Generalmente, estos se conectan a una red cableada Ethernet y proporcionan acceso a otras redes. La disposición de varios puntos de acceso garantiza una mejor cobertura, y permite que el usuario pueda desplazarse de un punto a otro sin perder señal. Parte de las acciones durante el site survey, implica seleccionar la ubicación más adecuada para los puntos de acceso, esto con la finalidad de mejorar la conectividad (Mtnet, 2016).

Adicionalmente, es necesario seleccionar el tipo de punto de acceso. Mientras que los Puntos de Acceso Básico son fáciles de configurar, los Puntos de Acceso Robustos incorporan más herramientas como ajustes de potencia, administración de recursos y firewall. Escoger entre uno u otro depende de las necesidades de los usuarios (Mtnet, 2016).

#### **6.6.7. Controladores de punto de acceso**

Se refieren a herramientas que monitorean, administran y gestionan las redes inalámbricas. En tal sentido, sirven para diagnosticar el estado general de la red y detectar oportunamente las fallas que pueden suscitarse: Ataques DoS, ruidos o interferencias. La principal ventaja es que el Administrador de la red puede recibir alertas sobre el estado de los equipos, a fin de realizar los correctivos oportunos (Mtnet, 2016).

### **6.6.8 Antenas**

En ocasiones, se incluyen otros dispositivos al diseño de red, con el fin de ampliar la cobertura y mejorar el desempeño general de las conexiones. Las antenas pueden incrementar la velocidad de transmisión, y por eso se suelen considerar en el diseño de una red. Bien sea que se usen antenas omnidireccionales (cuyo radio de acción es de 360 grados), direccionales (transmiten en una sola dirección o sentido) o sectoriales (no mantienen un foco fijo), su uso incrementa las capacidades de la red y garantiza estabilidad, seguridad y conectividad (Mtnet, 2016).

## 7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PROPUESTA DE RED WIFI EN SOFTWARE)

### 7.1. Metodología y fases de trabajo

El desarrollo de esta propuesta se adapta a los pasos necesarios para garantizar la aplicación del método científico de la investigación (Arias, 2006). La investigación, entonces, corresponde al diseño de una red para mejorar la conectividad de la institución y, de esa forma, mejorar el desempeño del personal administrativo, personal docente y comunidad estudiantil. Para el análisis y diseño de mejora de la red WiFi de la institución, se llevó a cabo las siguientes actividades:

**Análisis y estudio:** En esta etapa, se procedió al levantamiento de información del estado de la red al momento del desarrollo de la propuesta. WiFi. Se obtuvieron los datos necesarios (cantidad de usuarios, servicios que usan mediante internet, conectividad entre los dispositivos de la red) para determinar las necesidades actuales y que deben ser solucionadas mediante el nuevo diseño. Seguidamente, se realizó la investigación académica en libros, artículos especializados y/o páginas web con el fin de cuáles características debían ser incorporadas al modelo. Los datos obtenidos fueron registrados en instrumentos impresos, para luego ser analizados y estructurar la propuesta (Arias, 2006).

**Diseño de la nueva red:** Con el fin de mejorar la situación de la institución, se consideraron dos opciones: proceder a la reubicación de los equipos o diseñar e implementar una nueva estructura de red, siendo seleccionada esta última. Se procedió con el diseño de la red, usando simuladores e incorporando equipos dual band para cubrir todo el espacio físico de la institución. Se tomaron en cuenta los datos obtenidos en el site survey, lo cual ayudó a determinar la ubicación de puntos de acceso en las áreas correspondientes. Para el diseño de la red, se consideraron las sugerencias de las autoridades del plantel. Seguidamente, se procedió a determinar los puntos de acceso dentro de la institución, y se realizó un registro fotográfico y trazado de planos para establecer la ubicación de los equipos.

**Presentación del plan realizado y resultados arrojados vía software:** Se levantó el informe con las actividades realizadas durante el desarrollo de este trabajo, a fin de presentarlo a la comunidad académica y discutir los resultados con las autoridades de la institución.

## **7.2. Fase I – Detección de las necesidades de los usuarios de la actual red WiFi de la institución**

### **7.2.1. Antecedentes y situación actual de la red WiFi**

Las fallas en el acceso a internet afectan directamente a la calidad educativa y a la prestación del servicio a la comunidad. Bien sea porque el personal no puede realizar su labor con rapidez, o porque los estudiantes no cuentan con acceso para investigar los recursos en línea que pueden nutrir su experiencia educativa.

El Colegio Modelo Politécnico representa un elemento clave para la comunidad, pues desarrolla una labor social al contribuir en la educación de jóvenes, manteniendo un estrecho contacto con la comunidad para lograr que estos tengan una formación de excelencia y calidad y, de esa forma, logren acceder a universidades tanto nacionales, como extranjeras. Centrándonos en la problemática que presenta la institución, la actual infraestructura WiFi con la que cuentan no satisface las necesidades de los procesos académicos ni del personal administrativo. Al no tener una conexión estable y bien distribuida, genera retrasos en el desarrollo de actividades académicas y otras tareas de vital importancia.

En un primer acercamiento con la institución, se pudo observar que la red no cuenta con la velocidad necesaria para completar las tareas cotidianas que garantizan su buen funcionamiento, tales como: hacer las declaraciones tributarias, acceder a los portales de las instituciones bancarias para hacer pagos y verificar cobros, o llevar el control de las cuentas por pagar que realiza el personal administrativo, acceso a los materiales de apoyo y otros portales web que usa el personal docente para impartir clases en varios espacios de la institución y el acceso a distintas plataformas web que usan los estudiantes para complementar su aprendizaje. Obviamente, este hecho redundaba en que el personal debe invertir una mayor cantidad de tiempo en realizar tareas que podrían resolverse y realizarse más rápidamente si contaran con una conexión más estable.

En este contexto la actual red de WiFi del plantel, es el resultado de varias implementaciones realizadas por profesores, estudiantes y la colaboración por parte de comité de padres de familia que buscaban mejorar la situación. Se puede notar, en consecuencia, que el diseño que implementaron no corresponde a un proceso planificado y ordenado, ni consideraba la compatibilidad de estos equipos o tecnologías que se iban agregando. Como resultado, no se cuenta con un diseño eficiente para cubrir las demandas cotidianas, sino que es producto de la mezcla de tecnologías y de la improvisación por falta

de conocimiento. En la siguiente tabla, se describe los equipos propiedad de la institución que estaban en uso, al momento de realizar el diagnóstico:

Marca	Modelo	Ubicación
Huawei	HS8245W	Área de DECE.
Asus	RT-AC53	Área sala de profesores.
B-link	BL-WJ02	Área laboratorio de computación.
TP-link	AC1750	Área de contabilidad.

**Tabla 4. Equipos WiFi que posee la institución.**

Fuente: Autor

La falta de conocimientos técnicos sobre cómo diseñar una red que cubra las necesidades de la institución, ha generado que la estructura establecida no cuente con el mejor diseño. La asesoría e intervención de un especialista puede contribuir a solventar el problema, ya que se encargaría de seleccionar las herramientas adecuadas al caso.

### **7.2.2. Requerimientos solicitados para la nueva la red inalámbrica**

Para el desarrollo de la propuesta, fue necesario conocer cuáles son las expectativas del personal responsable de la institución, para luego seleccionar las características de la red que mejor se adaptarían a la realidad del plantel. Los siguientes requerimientos fueron identificados después de realizada una reunión con el Director General y el personal técnico de la institución, determinando así las necesidades, criterios y políticas institucionales que la nueva red debe cumplir:

- Los equipos tanto del personal administrativo como docente (entre estos tablets, celulares inteligentes, laptops, computadores de escritorio) deben poseer una conexión inalámbrica estable, por cuestiones de movilidad entre las zonas de cobertura.
- Se solicitó que cada usuario que acceda a la red inalámbrica, debe contar con un máximo de ancho de banda de 5 Mbps, tanto de subida como de bajada. Esto es

parte de una política institucional propia, con la intención de evitar que se llegue a ocupar todo el ancho de banda que posee la institución

- La red inalámbrica debe poseer una clave de acceso, con el fin de resguardar la seguridad de la conexión.
- Se debe facilitar el acceso a la red inalámbrica a personas externas o ajenas a la institución, que necesiten conectarse para desarrollar alguna diligencia administrativa (verificar correos, hacer pagos, ingreso a sitios web).
- El costo de inversión total que la institución está dispuesto a desembolsar por los equipos que formen parte de la propuesta de diseño, es de alrededor de unos 1000 dólares americanos. Por ello, era necesario estudiar las características propias de la institución y determinar los equipos que se adapten mejor a los requerimientos y cuyo costo estén dentro del presupuesto establecido.

### 7.2.3. Perfil y número de usuario actuales

Dentro del diseño, era importante conocer los requerimientos y actividades del personal y de los estudiantes, con el fin de considerar cuáles características debería tener la red WiFi. Seguidamente, se especifican los perfiles y cantidad de usuarios detectados en cada categoría:

Perfil de usuario	Número de usuarios	Descripción de usuario
Administrativo	6	Personal ubicado en el recinto administrativo de la institución entre ellos Rectorado, Vicerrectorado, Inspección General, Secretaria-Contabilidad, DECE (Departamento de Consejería Estudiantil).
Docente	17	Personal ubicado en la sala de profesores, encargados de impartir las distintas asignaturas a los estudiantes de cada paralelo o emplean las salas de múltiple uso para clases.
Estudiante	154	Estudiantes de los distintos paralelos de la institución que acceden a la red de la institución, a través del laboratorio de computación.

**Tabla 5. Descripción de usuarios de la institución.**

Fuente: Autor

### 7.2.4 Proyección de crecimiento de usuarios

Es importan considerar el crecimiento de los usuarios, ya que de esta manera se puede realizar los ajustes para garantizar que los futuros integrantes de la institución podrán contar con una buena conexión WiFi. Para esto, se realiza un breve análisis de crecimiento, partiendo con los datos proporcionados por la institución en cuanto al número de personas del área administrativa, cuerpo docente y de estudiantes matriculados en los últimos 5 años.

Área		Año				
		2016	2017	2018	2019	2020
Administrativo		5	6	6	6	6
Educativa	Docente	17	16	16	17	17
	Estudiantes	145	156	163	165	154

**Tabla 6. Datos de crecimiento de usuarios en los últimos 5 años.**

Fuente: Autor

Teniendo estos datos presentes, se procedió a realizar el cálculo del porcentaje de crecimiento empleando la *ecuación 1*, la cual supone una tasa de crecimiento constante y que será usada para un análisis durante un periodo de tiempo determinado (López, 2020).

$$TCA(\%) = \left[ \left( \frac{Vf}{Vi} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

**Ecuación 1. Tasa de crecimiento anual acumulativo.**

En donde:

- $Vf = Valor\ final$
- $Vi = Valor\ inicial$
- $t = tiempo$

Se muestra un ejemplo de aplicación de esta ecuación, con los datos de la *tabla 5*.

$$TCA(\%) = \left[ \left( \frac{Vf}{Vi} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \right] * 100$$

Reemplazando los valores correspondientes:

$$TCA(\%) = \left[ \left( \frac{6,1}{5} \right)^5 - 1 \right] * 100$$

$$TCA(\%) = 3,71$$

En la tabla 6 se muestra los porcentajes de crecimiento para todos los usuarios de la institución de los últimos 5 años.

Área	Año					Tasa de Crecimiento	
	2016	2017	2018	2019	2020		
Administrativo	5	6	6	6	6	3,71%	
Educativa	Docente	17	16	16	17	17	0%
	Estudiantes	145	156	163	165	154	1,21%

**Tabla 6. Porcentaje de crecimiento de usuarios en los últimos años 5 años.**

Fuente: Autor

Ahora, para calcular la proyección que se va tener a futuro, se despeja la *ecuación 1* y así se obtendrá el valor final a un año determinado en la *ecuación 2*. Para realizar los cálculos pertinentes, se consideró el crecimiento dentro de los siguiente 5 años (Roldán, 2019).

$$Vf = Vi * \left( 1 + \frac{TCA(\%)}{100} \right)^t$$

#### **Ecuación 2. Valor final esperado**

Se muestra un ejemplo de aplicación de esta ecuación, con los datos de la *tabla 6*.

$$Vf = Vi * \left( 1 + \frac{TCA(\%)}{100} \right)^t$$

$$Vf = 6 * \left( 1 + \frac{3,71}{100} \right)^5$$

$$Vf = 7,19$$

En la tabla 7 se muestra los valores finales que se espera para todos los usuarios de la institución dentro de los próximo 5 años. Es importante considerar este elemento dentro de la propuesta, ya que se espera que las mejoras sean sostenibles en el tiempo. Además, se

quiere evitar el tener que agregar elementos innecesarios o no contemplados dentro del presupuesto inicial.

Área	Año					
	2016	2017	2018	2019	2020	2025
Administrativo	5	6	6	6	6	6
Educativa	Docente	17	16	16	17	17
	Estudiantes	145	156	163	165	154

**Tabla 7. Usuarios proyectados a 5 años,**

Fuente: Autor

### 7.2.5. Dimensionamiento de tráfico.

Es necesario realizar un dimensionamiento del tráfico que administrará la red WiFi en cuanto a servicios de datos, voz y video. Con esto, se busca evitar congestiones y retrasos, así como garantizar que los servicios estén siempre disponibles. Para ello, se realizó un estudio acerca de las aplicaciones y sitios web que los usuarios pueden acceder y son permitidas bajo las políticas institucionales que el establecimiento educativo maneja.

#### 7.2.5.1 Sitios web.

Una vez se identificaron cuáles son los sitios web y aplicaciones más usadas por los usuarios, se procedió a obtener el tamaño promedio que estas páginas web puedan tener. Para ello se empleó el sitio web Gtmetrix.com el cual es una herramienta gratuita que realiza un análisis del desempeño de cualquier página web durante un tiempo de 30 segundos. El valor promedio de las páginas web que visita el personal administrativo es de 3,22 MB, el personal docente es de 2,55 MB y la comunidad estudiantil es de 2,8 MB respectivamente.

Era importante contar con los perfiles correspondientes y la cantidad de datos que requiere cada grupo de usuarios. El ancho de banda de la institución es limitado, y al haber varios usuarios conectados es posible que la velocidad de carga y descarga disminuya. Ante ello, hay que introducir correctivos y configuraciones que permitan gestionar efectivamente la capacidad de la red. Se desglosan a continuación los resultados de este análisis.

**Administrativos. –**

Tipo de Aplicación/Sitios Web	URL	Tamaño [MB]
Sistema integral de gestión de la institución.	<a href="https://idukay.net/">https://idukay.net/</a>	3,38
Portal Banco Pichincha.	<a href="https://www.pichincha.com/portal">https://www.pichincha.com/portal</a>	4,4
Sitio web de la institución.	<a href="http://colegiopolitecnico.com/">http://colegiopolitecnico.com/</a>	2,22
Sitio web del IESS.	<a href="https://www.iess.gob.ec/">https://www.iess.gob.ec/</a>	5,13
Servicio de correo electrónico.	<a href="https://mail.google.com/">https://mail.google.com/</a>	0,581
	<b>Tamaño Promedio</b>	<b>3,22</b>

**Tabla 8. Descripción de páginas web a las que acceden diariamente los usuarios administrativos.**

Fuente: Autor

**Docentes. –**

Tipo de Aplicación/Sitios Web	URL	Tamaño [MB]
Sistema integral de gestión de la institución.	<a href="https://idukay.net">https://idukay.net</a>	3,38
Sitio web de la institución.	<a href="http://colegiopolitecnico.com/">http://colegiopolitecnico.com/</a>	4,4
Sitio web de aulas virtuales de la institución.	<a href="http://aula.colegiopolitecnico.com/">http://aula.colegiopolitecnico.com/</a>	3,85
Servicio de correo electrónico.	<a href="https://mail.google.com/">https://mail.google.com/</a>	0,581
Sitio web para búsqueda de video de apoyo.	<a href="https://www.youtube.com/">https://www.youtube.com/</a>	2,66
Sitio web para búsqueda de material de apoyo.	<a href="https://www.google.com/">https://www.google.com/</a>	0,455
	<b>Tamaño Promedio</b>	<b>2,55</b>

**Tabla 9. Descripción de páginas web a las que acceden diariamente los usuarios docentes.**

Fuente: Autor

**Estudiantes. –**

<b>Tipo de Aplicación/Sitios Web</b>	<b>URL</b>	<b>Tamaño [MB]</b>
Sitio web de aulas virtuales de la institución.	<a href="http://aula.colegiopolitecnico.com/">http://aula.colegiopolitecnico.com/</a>	3,85
Sitio web para aprendizaje de programación.	<a href="https://scratch.mit.edu/">https://scratch.mit.edu/</a>	6,9
Sitio web para aprendizaje de modelamiento en 3D y programación en Arduino.	<a href="https://www.tinkercad.com/">https://www.tinkercad.com/</a>	2,48
Sitio web para aprendizaje de inglés	<a href="https://www.cambridgelms.org/main/p/es/splash">https://www.cambridgelms.org/main/p/es/splash</a>	1,4
Sitio web para aprendizaje de química	<a href="https://phet.colorado.edu/">https://phet.colorado.edu/</a>	2
Sitio web para búsqueda de video de apoyo.	<a href="https://www.youtube.com/">https://www.youtube.com/</a>	2,66
Sitio web para búsqueda de material de apoyo.	<a href="https://www.google.com/">https://www.google.com/</a>	0,455
<b>Tamaño Promedio</b>		<b>2,8</b>

**Tabla 10. Descripción de páginas web a las que acceden diariamente los usuarios estudiantes.**

Fuente: Autor

De igual forma, y aplicando las fórmulas respectivas, se obtienen los cálculos sobre a la capacidad de ancho de banda que demanda cada grupo de usuarios. Seguidamente, se muestran los datos:

1. Cálculo de ancho de banda requerido para acceder a una página por parte de área administrativa.

$$Capacidad_{Navegación\ Web} = \frac{3,22\text{MBytes}}{Página\ Web} * \frac{8\text{bits}}{1\text{Byte}} * \frac{Página\ Web}{30\text{segundos}} = 0,86\text{ Mbps}$$

2. Cálculo de ancho de banda requerido para acceder a una página por parte de área administrativa.

$$Capacidad_{Navegación\ Web} = \frac{2,55MBytes}{Página\ Web} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{Página\ Web}{30\ segundos} = 0,68\ Mbps$$

3. Cálculo de ancho de banda requerido para acceder a una página por parte de área administrativa.

$$Capacidad_{Navegación\ Web} = \frac{3,8MBytes}{Página\ Web} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{Página\ Web}{30\ segundos} = 1,01\ Mbps$$

### 7.2.5.2 Subida y descarga de archivos.

La subida y descarga de archivos será ocupada por todos los usuarios que accedan a internet vía la red WiFi, considerando que un tamaño promedio de un archivo sea tipo Word, Excel, PowerPoint, imágenes, PDF o con fines de ofimática es de 3 MB. El tiempo satisfactorio para subir o descargar cualquiera de estos archivos debería ubicarse en alrededor de los 30 segundos. A continuación, se calcula el consumo de ancho de banda requerido en ambos casos.

$$Capacidad_{Subida\ de\ Archivos} = \frac{3MBytes}{Archivo} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{Archivo}{30\ segundos} = 0,8\ Mbps$$

$$Capacidad_{Descarga\ de\ Archivos} = \frac{3MBytes}{Archivo} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{Archivo}{30\ segundos} = 0,8\ Mbps$$

### 7.2.5.3 Correo electrónico.

Este servicio es empleado por todo el personal administrativo, docente y algunos estudiantes. En promedio, un correo electrónico estándar, es decir sin archivos adjuntos, tiene un consumo de 20 KB por segundo (WhistleOut MX, 2019). Con este dato, se midió el ancho de banda que 1 solo correo electrónico ocupa:

$$Capacidad_{Correo\ electrónico} = \frac{20KBytes}{Correo\ Electrónico} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{Correo\ Electrónico}{segundo} = 160\ Kbps$$

$$= 0,16\ Mbps$$

#### 7.2.5.4 Video conferencia.

Este servicio es empleado por el personal administrativo y docente, identificando que la herramienta más empleada para este fin es Zoom. En promedio, la aplicación Zoom consume 35 MB por minuto (60 segundos) (Audara Blog, 2020). Con este dato medimos el ancho de banda que 1 sola llamada por video conferencia ocupa

$$Capacidad_{video llamada} = \frac{35MBytes}{Video llamada} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{Video llamada}{60 segundos} = 4,67 Mbps$$

#### 7.2.5.5 Plataformas de videos en línea.

Este servicio es empleado por el personal administrativo, docente y estudiantes, tomando como referencia el sitio web youtube.com que ofrece este servicio. En promedio, un video visto a una resolución de 720p en alta definición consume 14,50 MB por minuto (60 segundos) (Android4All, 2019). Con este dato se puede determinar el ancho de banda que una sola reproducción de video ocupa:

$$Capacidad_{video en línea} = \frac{14,50MBytes}{VideoEnLinea} * \frac{8bits}{1Byte} * \frac{VideoEnLinea}{60 segundos} = 1,93 Mbps$$

#### 7.2.5.6. Índice de simultaneidad y ancho de banda total de subida y bajada.

El índice de simultaneidad permite estimar el número de usuarios que, al mismo tiempo, intentan acceder a la red. En el caso de este estudio, hay que hacer notar ciertas particularidades ya que no todos los usuarios utilizarán el mismo servicio a la vez. E incluso, varían las horas en las que estarán conectados. Comprendiendo este concepto, se determinó junto con las autoridades y el personal técnico de la institución valores supuestos para el índice de simultaneidad de los distintos perfiles de usuarios identificados en los distintos servicios que van acceder, tal como se describió anteriormente. Esto, debido a que la red actual no permite analizar el tráfico de red. Por ello, la determinación de los perfiles de usuarios era un paso necesario para obtener resultados más cercanos al uso real.

Para el dimensionamiento del ancho de banda total de subida, se tomó en consideración los datos levantados en la navegación de páginas web, subida de archivos, correo electrónico y video conferencia. Para el dimensionamiento del ancho de banda total de bajada, tomamos en consideración los datos levantados en la navegación de páginas web, descarga de archivos, correo electrónico, video conferencia y uso de plataformas de videos

en línea. A partir de estos datos, se determinó que el ancho de banda total de subida es de 33,92 Mbps y el ancho de banda total de bajada es de 43,57 Mbps.

Servicio	Área	Usuarios en 5 años	Índice de simultaneidad	Cantidad de usuarios conectados en simultáneo	Cantidad de usuarios conectados en simultáneo	Capacidad de servicio por usuario (Mbps)	Capacidad total de servicio (Mbps)	
Páginas Web	Administrativo	6	30%	2	2	0,86	1,72	
	Educativa	Docente	17	40%	7	7	0,68	4,76
		Estudiantes	164	6%	10	8	1,01	8,08
Subida de archivos	Administrativo	6	30%	2	2	1,33	2,66	
	Educativa	Docente	17	25%	4	7	1,33	9,31
		Estudiantes	164	0%	0	0	1,33	0
Correo electrónico	Administrativo	6	30%	2	2	0,16	0,32	
	Educativa	Docente	17	40%	7	7	0,16	1,12
		Estudiantes	164	6%	10	8	0,16	1,28
Video conferencia	Administrativo	6	15%	1	1	4,67	4,67	
	Educativa	Docente	17	0%	0	0	4,67	0
		Estudiantes	164	0%	0	0	4,67	0
<b>Total, ancho de banda de subida (Mbps)</b>							<b>33,92</b>	
Páginas Web	Administrativo	6	30%	2	2	0,86	1,72	
	Educativa	Docente	17	40%	7	7	0,68	4,76
		Estudiantes	164	6%	10	8	1,01	8,08
Descarga de archivos	Administrativo	6	30%	2	2	1,33	2,66	
	Educativa	Docente	17	25%	4	7	1,33	9,31
		Estudiantes	164	0%	0	0	1,33	0
Correo electrónico	Administrativo	6	30%	2	2	0,16	0,32	
	Educativa	Docente	17	40%	7	7	0,16	1,12
		Estudiantes	164	6%	10	8	0,16	1,28
Video conferencia	Administrativo	6	15%	1	1	4,67	4,67	
	Educativa	Docente	17	0%	0	0	4,67	0
		Estudiantes	164	0%	0	0	4,67	0
Plataforma de videos en línea	Administrativo	6	30%	2	2	1,93	3,86	
	Educativa	Docente	17	20%	3	3	1,93	5,79
		Estudiantes	164	0%	0	0	1,93	0
<b>Total, ancho de banda de bajada (Mbps)</b>							<b>43,57</b>	

Tabla 11. Ancho de banda total de subida y bajada empleada por todos los usuarios

Fuente: Autor

## 7.3. Fase II – Diseño de la nueva red WiFi para la institución

### 7.3.1. Descripción de la infraestructura física de la institución

El campus del Colegio Modelo Politécnico, se encuentra ubicado en el norte del Distrito Metropolitano de Quito en las calles Luis Godín y Manuel Albán en el barrio de La Vicentina. Cuenta con un espacio de 2100 metros cuadrados, dato importante a considerar para el desarrollo de la propuesta. En la siguiente figura, se muestra la ubicación de la institución:

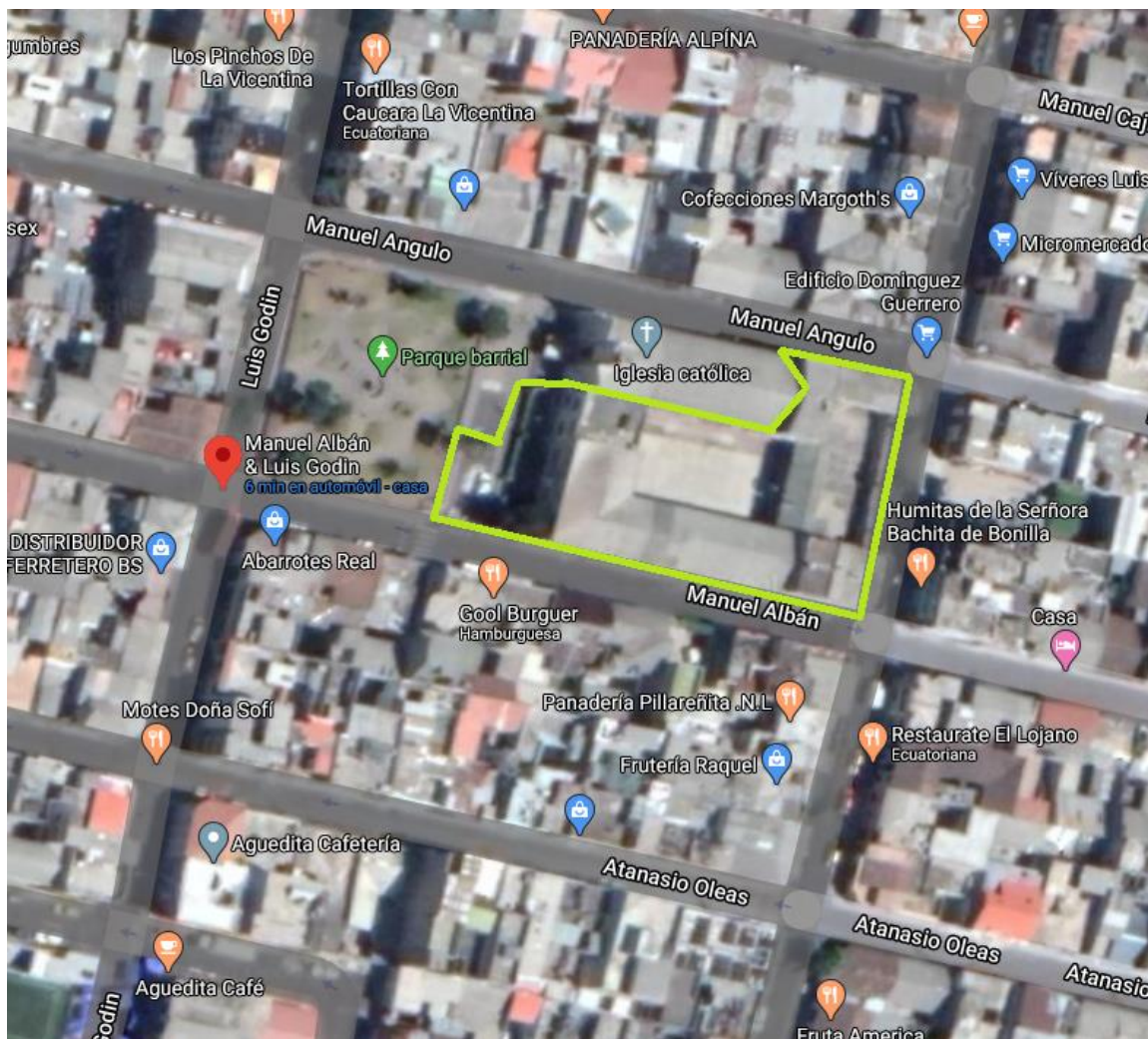


Figura 10. Delimitación de espacio de la Institución – La Vicentina.

Fuente: Google Maps - Mapa Satelital

### 7.3.2. Delimitación de zonas de cobertura

Las autoridades del plantel indicaron que la red WiFi debía abarcar la zona administrativa, así como las aulas auxiliares cerca de esta. Por esa razón, y mediante el uso de un “site survey” donde se usaron los planos arquitectónicos del establecimiento (mostrados en el *Anexo1. Planos de la institución*), se identificaron las áreas donde debería existir cobertura de red:

- Planta Baja:
  - Sala de profesores.
  - Laboratorio de computación.
  - Aula actividades prácticas.
- Segundo piso:
  - Salón uso múltiple.
  - Inspección.
  - Laboratorio de matemáticas.
  - Aula de computación.
- Tercer piso:
  - Consultorio médico.
  - DECE
  - Secretaria.
  - Videoteca.
  - Rectorado
  - Contabilidad.
  - Consultorio Dental.
  - Sala de Inglés.

### 7.3.3. Diseño final de nueva red WiFi

Para determinar la cobertura de los distintos puntos de accesos de la propuesta, era necesario realizar pruebas en las zonas críticas identificadas en el site survey. Con esto, se busca asegurar el rendimiento de la red, la localización de zonas donde pueda existir una pobre cobertura, el correcto solapamiento de los canales adyacentes, así como un buen roaming en todas las áreas de la institución.

Con el fin de medir la efectividad del diseño, se empleó un software en línea gratuito que permite dibujar mapas de calor para el diseño de una red. Para ello, se usaron como base los planos arquitectónicos de la institución. El simulador fue útil para determinar el

comportamiento de los AP's y si la ubicación seleccionada para cada uno de ellos era la más adecuada. El simulado usado funciona como una aplicación disponible en línea, llamado *Cambium Networks Wi-Fi Designer* (Ver figura 11).



**Figura 11. Página web de acceso de aplicación.**

Fuente: Link [www.wfd.cloud.xirrus.com/wfdc/](https://wfd.cloud.xirrus.com/wfdc/).

Para realizar este estudio, se empleó un computador de escritorio, con las siguientes características:

- Procesador Intel i9 9900k.
- Memoria Ram 32GB.
- Sistema operativo: Windows 10 Pro.
- Tarjeta de red Inalámbrica: Intel Wireless-AC 9560.

Realizada la instalación y configuración de la aplicación, se comienza a determinar los puntos de acceso óptimos para cubrir las áreas y espacios de trabajos donde el acceso vía red WiFi, es importante. Estos son determinados según la calidad de señal que emiten los equipos, así como el área que puedan cubrir en función de la construcción de la edificación. Para esto, se consideraron las características de la construcción tales como el grosor de las paredes, el tipo de material del espacio físico, el correcto uso de canales y demás

aspectos que pudieran afectar la calidad de la señal, tal como se especifica en el marco teórico.

Para identificar cada punto de acceso (AP) ubicado en las distintas plantas, se usó la siguiente nomenclatura, tal como se recoge en la tabla siguiente:

Planta	Nombre de los AP's
Planta Baja	APB-1, APB-2
Segunda Planta	APS-1, APS-2
Tercera Planta	APT-1, APT-2

**Tabla 12. Nombre de AP's, según su ubicación y número.**

Fuente: Autor

Hay que remarcar que, dentro de la configuración de los AP's empleados en el software, se usaron modelos de referencia que emplean el estándar 802.11 AC con soporte Dual Band. Adicionalmente, para delimitar las zonas de coberturas de los 3 mapas que conforman el estudio (planta baja, segundo piso, tercer piso), se consideraron los materiales estructurales de cada espacio:

- **Brick Wall (Ladrillo):** Zona que delimita paredes (atenuación de 10 dB), representado de color café oscuro.
- **Door:** Zona que delimita puertas (atenuación promedio de 3 dB), representado de color café claro.

Para representar los valores de **RSSI**, este software emplea la siguiente escala. Ver figura 12.



**Figura 12. Escala RSSI en WiFi Designer.**

Fuente: Autor

Todos estos datos, fueron volcados en el software para realizar una simulación efectiva. A partir de ellos, se obtuvieron los siguientes mapas de calor según la ubicación de los

equipos en cada piso y las zonas de cobertura en banda 2.4 GHz y 5 GHz. Con ellos, fue posible determinar si la propuesta era adecuada para cubrir las áreas solicitadas por la institución

### 7.3.3.1. Ubicación de AP's en planta baja de la institución, según el mapa de calor en WiFi Analyzer

Para la planta baja se observó que la ubicación idónea del AP con nombre APB-1 es la zona más central de la sala de profesores. Con respecto al APB-2, se lo debe ubicar entre el laboratorio de computación y el aula de actividades prácticas, como se muestra a continuación en la figura 13 y 14.

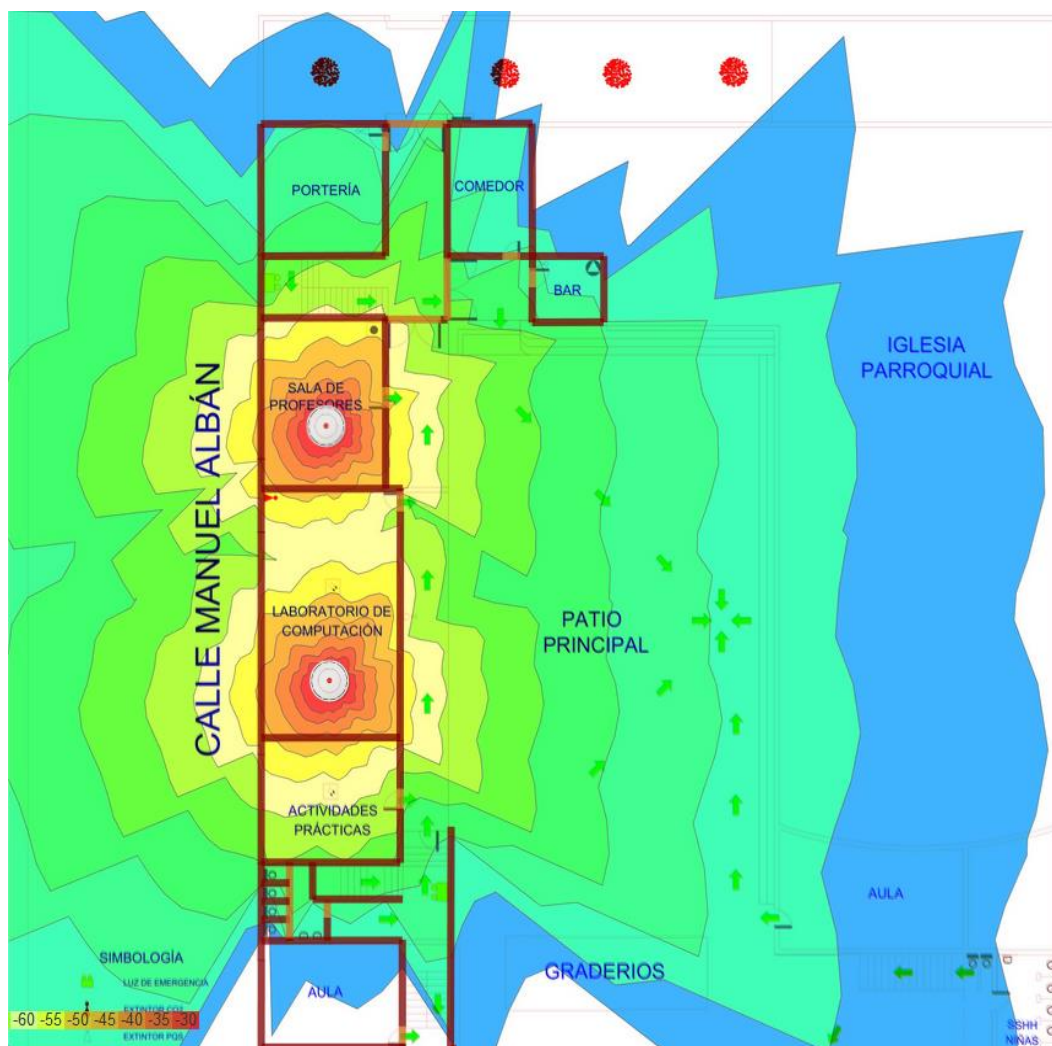


Figura 13. Mapa de calor de equipos ubicados en planta baja, banda 2.4 GHz.

Fuente: Autor

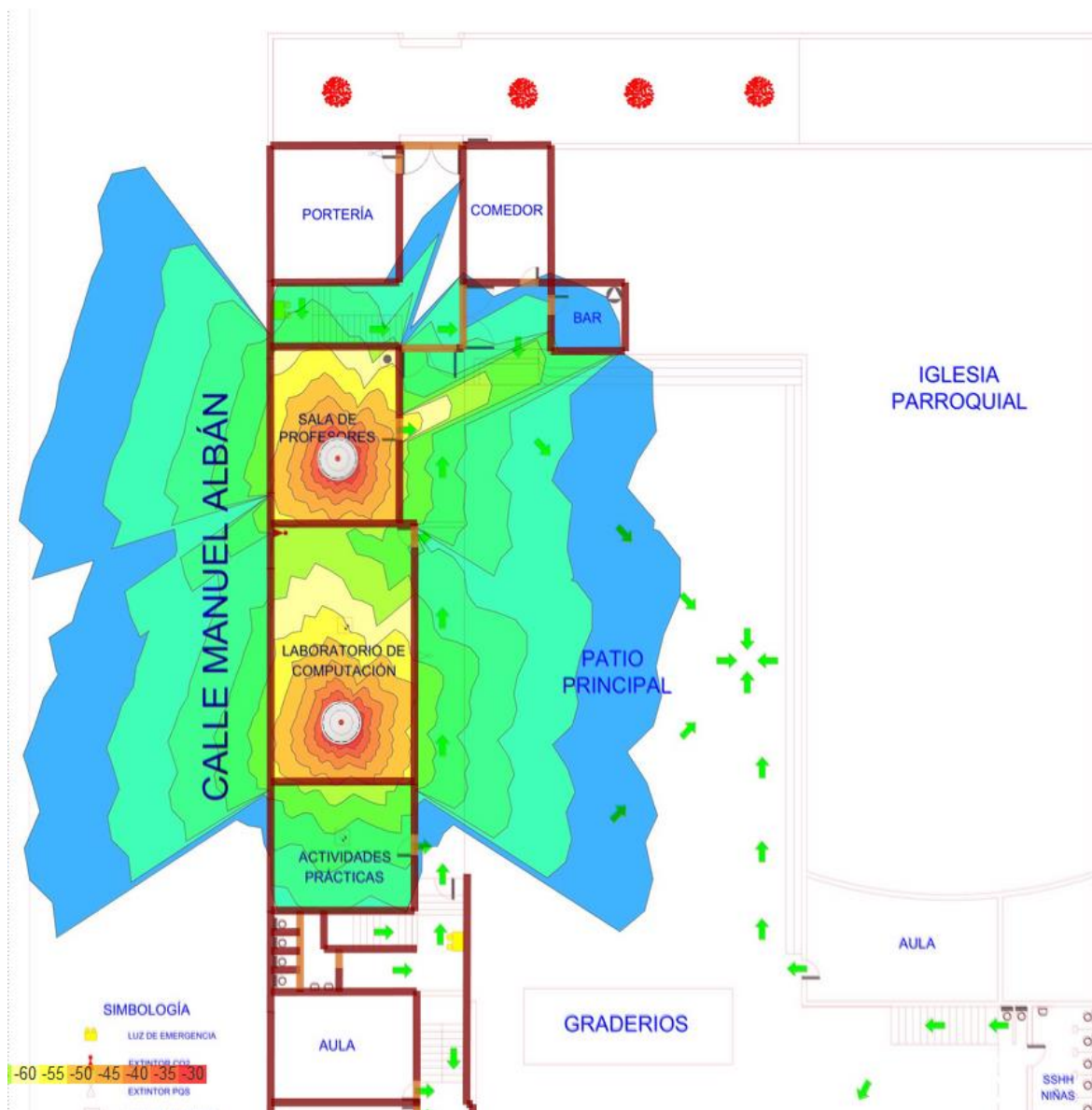


Figura 14. Mapa de calor de equipos ubicados en planta baja, banda 5 GHz.

Fuente: Autor

### 7.3.3.2. Ubicación de AP's en segunda planta de la institución, según el mapa de calor en WiFi Analyzer

Para la segunda planta, se observó que el AP con nombre APS-1 se debe ubicar en la zona de pasillo que está entre la sala de uso múltiple y la inspección. Con respecto al APS-2, se debe ubicar entre el laboratorio de matemáticas y el aula de computación, como se muestra a continuación en la figura 15 y 16.

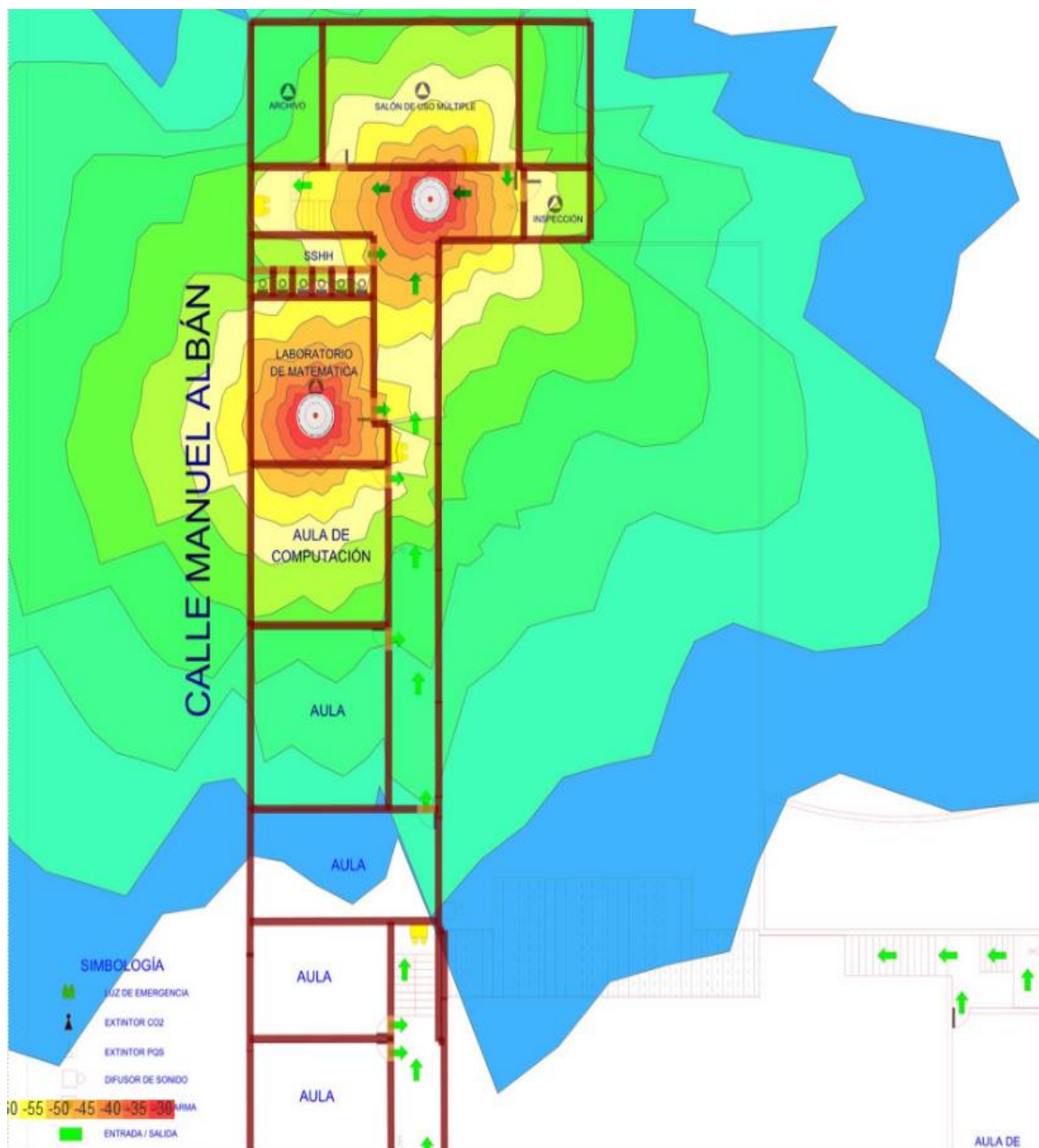


Figura 15. Mapa de calor de equipos ubicados en segunda planta, banda 2.4 GHz.

Fuente: Autor

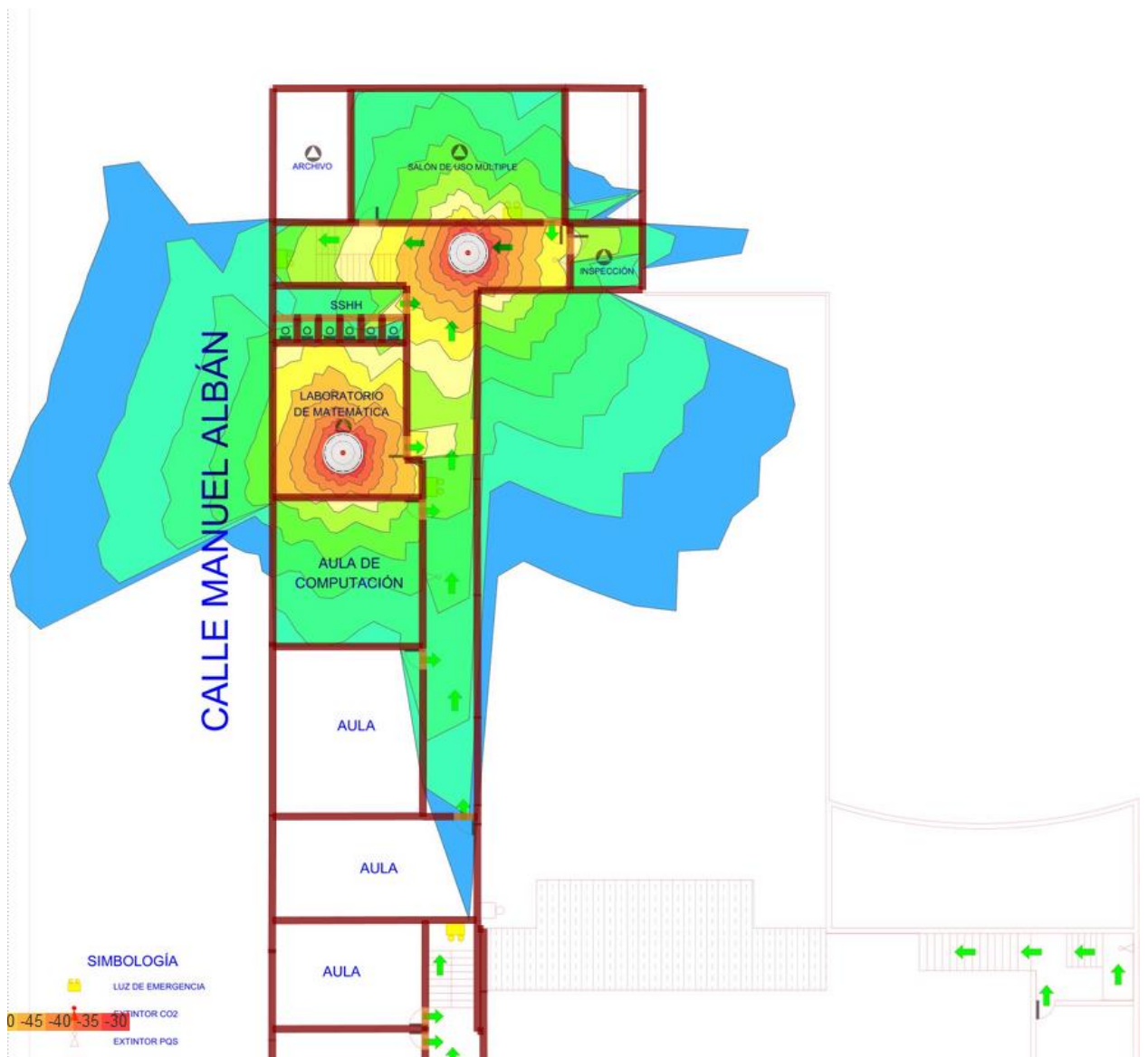


Figura 16. Mapa de calor de equipos ubicados en segunda planta, banda 5 GHz.

Fuente: Autor

### 7.3.3.3. Ubicación de AP's en tercera planta de la institución, según el mapa de calor en WiFi Analyzer

La tercera planta presenta una construcción compuesta por áreas muy pequeñas, con varias paredes en muy poco espacio. Esta característica pueda afectar seriamente la calidad de la señal que deban irradiar los equipos de la red WiFi en esta planta. Lugo de realizar varias consideraciones, la ubicación más idónea del AP con nombre APT-1 es la zona central del área de contabilidad. El APT-2 se debe ubicar en la zona central de la sala de inglés, como se muestra a continuación en la figura 15 y 16 respectivamente.

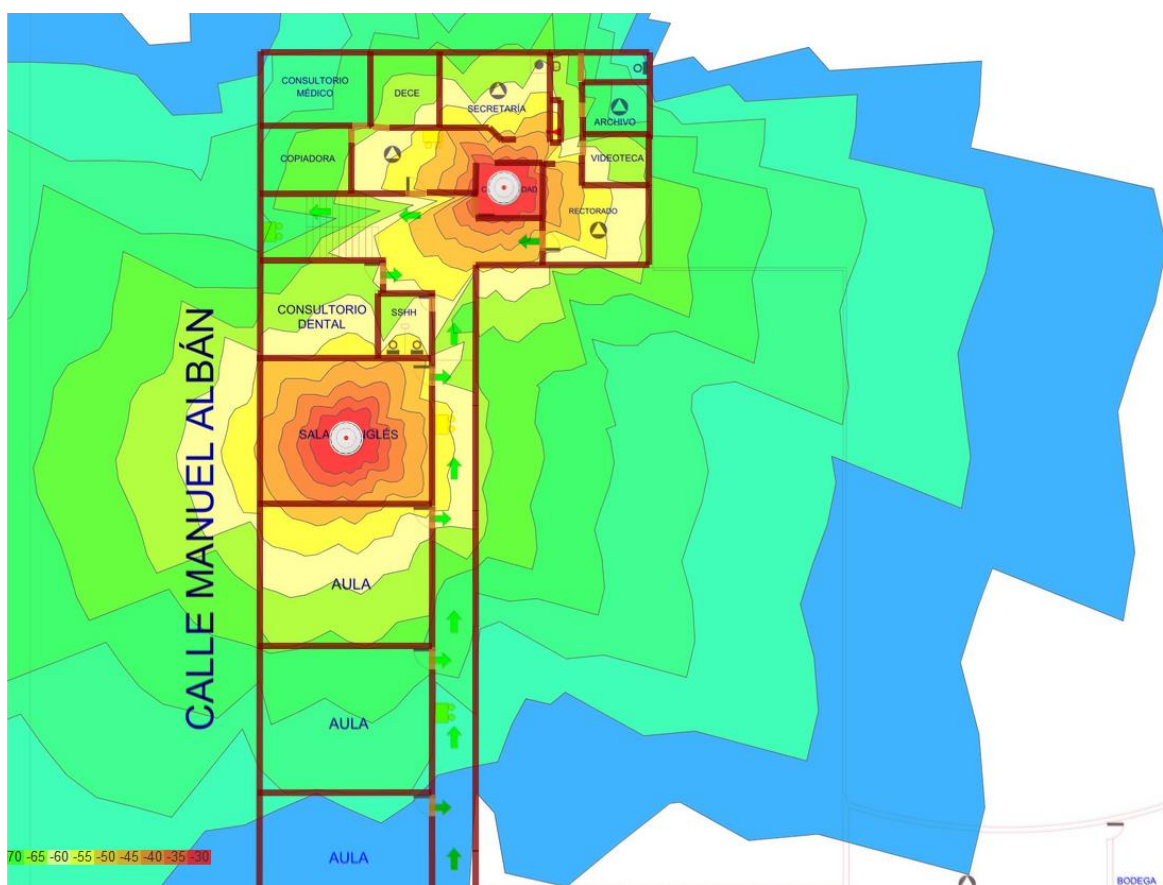


Figura 17. Mapa de calor de equipos ubicados en tercera planta, banda 2.4 GHz.

Fuente: Autor

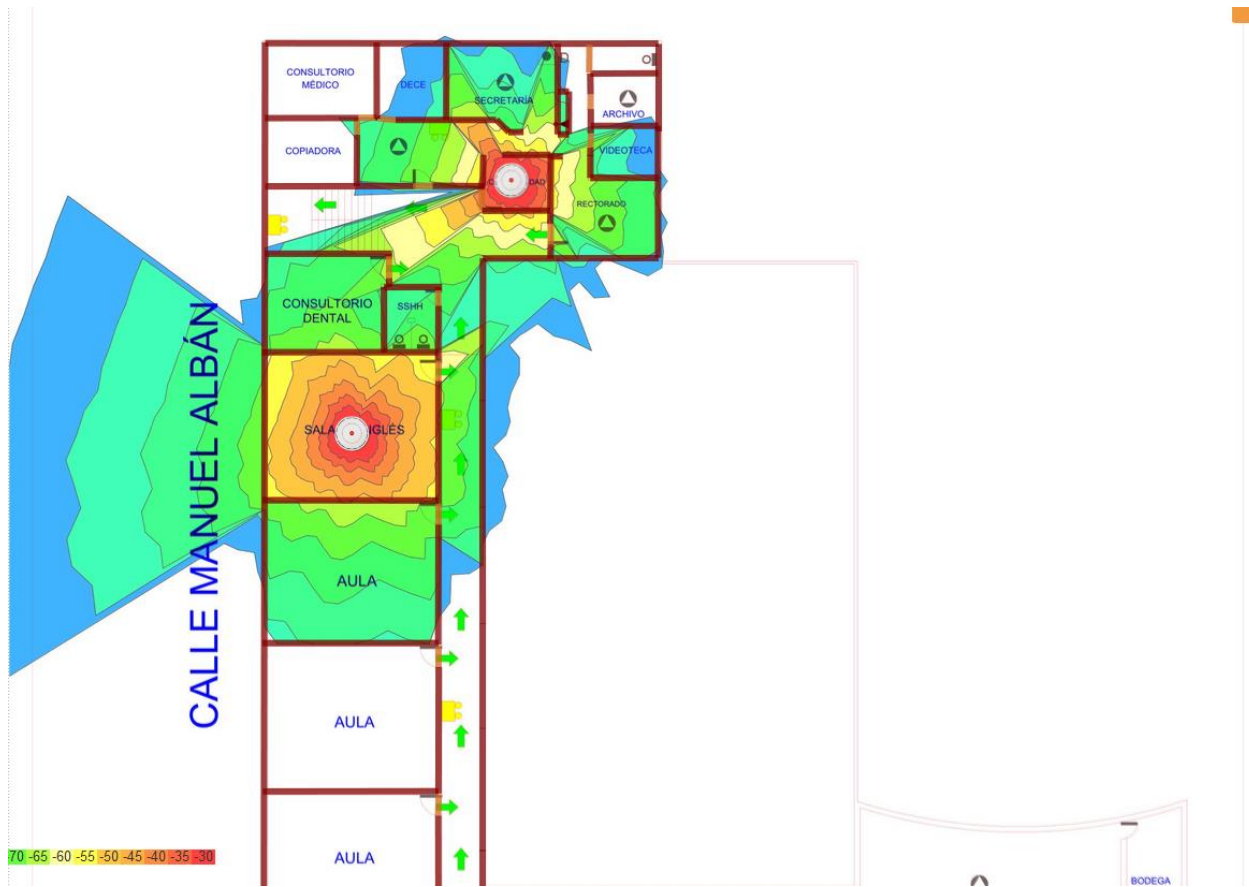


Figura 18. Mapa de calor de equipos ubicados en tercera planta, banda 5 GHz.

Fuente: Autor

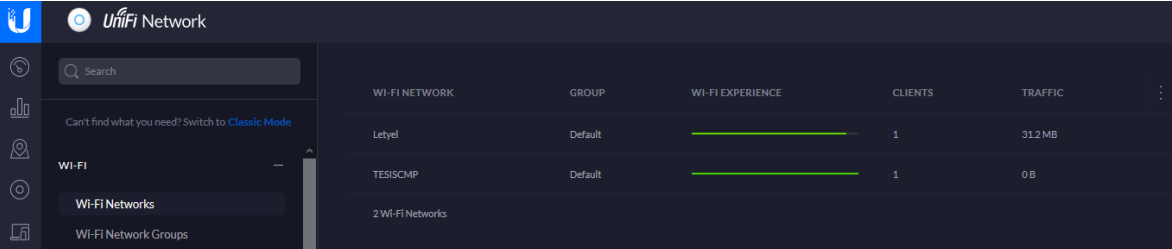
## 7.4. Fase III – Evaluación de los resultados obtenidos

### 7.4.1. Análisis de diseño de red WiFi

Tanto la ubicación como el número de AP's ubicados a lo largo de los mapas levantados y empleados en este análisis, se justifica en el hecho de que se quiere abarcar de manera eficiente las zonas críticas (indicadas previamente). Con esto, se quiere evitar posibles problemas con señal (RSSI) y calidad de señal de los usuarios conectados a la red.

Hay que mencionar que un dispositivo tecnológico que se conecte mediante WiFi y tenga soporte para funcionar tanto en la banda de 2.4 GHz como de 5 GHz, hará la selección de la banda de manera automática. Es por esto que, en el diseño, fueron incluidos este tipo de dispositivos, ya que el usuario no tendría que configurarlos para que funcionen correctamente. Por ende, y teniendo en cuenta los resultados obtenidos gracias al software WiFi Analyzer para cumplir los requerimientos explicados, es necesario 6 AP's en total.

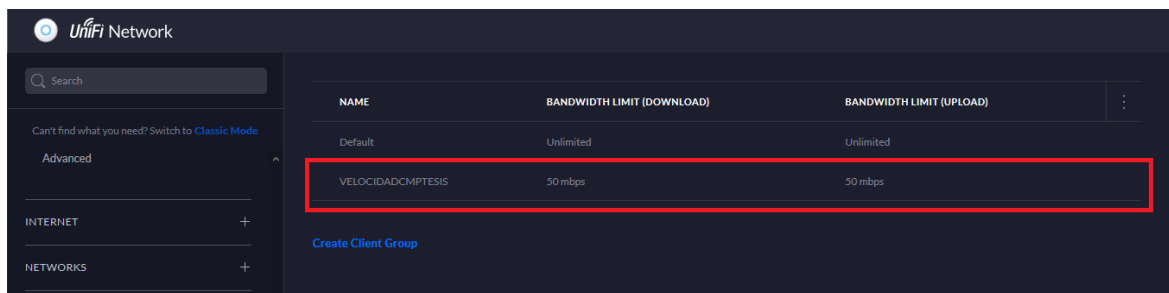
Como parte importante de este análisis, se tiene el dato que la institución cuenta con una conexión a Internet con una velocidad de 50Mbps tanto de subida como de bajada, que suministra el proveedor Netlife. A términos del estudio, es importante considerar que la institución cuenta con un ancho de banda limitado. Conociendo este dato, se puede realizar el ejercicio de estimar velocidad de internet que se pueda tener en función del RSSI de las zonas de coberturas. Para esto, se empleará un equipo Ubiquiti Unify, configurando una red WiFi con el nombre de TesisCMP y se aplicará una regla, en la cual se hará una restricción de velocidades tanto de subida como de bajada, para emular el escenario real.



WI-FI NETWORK	GROUP	WI-FI EXPERIENCE	CLIENTS	TRAFFIC
Letyel	Default	<div style="width: 100%;"></div>	1	31.2 MB
TESISCMP	Default	<div style="width: 100%;"></div>	1	0 B
2 Wi-Fi Networks				

Figura 19. Red WiFi de prueba.

Fuente: Autor



**Figura 20. Regla de restricción 50Mbps subida/bajada.**

Fuente: Autor

Seguidamente, se realizaron pruebas de las velocidades promedio que se podrían obtener a partir de los resultados de mapas de calor de la red WiFi, en función del RSSI en distintos puntos. Para ello, se empleó la aplicación SpeedTest, el cual mide la velocidad de internet para realizar una estimación promedio.

RSSI	Velocidad Subida Promedio Mbps	Velocidad Bajada Promedio Mbps
-30 a -40 dBm	47.3 Mbps	45.1 Mbps
-40 a -50 dBm	45.4 Mbps	42.6 Mbps
-50 a -60 dBm	42.3 Mbps	38.7 Mbps
-60 a -70 dBm	40.5 Mbps	36.2 Mbps
-70 a -80 dBm	37.4 Mbps	27.0 Mbps
-80 a -90 dBm	24.0 Mbps**En zonas iguales/mayores a -90dBm, existe desconexión de la red.	18.9 Mbps**En zonas iguales/mayores a -90dBm, existe desconexión de la red.

**Tabla 13. Estimaciones de velocidad promedio en configuración de red**

Fuente: Autor

Cabe destacar que la ubicación de los AP's empleados en planta baja se justifica en el hecho de que la **Sala de profesores** y el **Laboratorio de computación**, son las zonas que tendrán mayor cantidad de usuarios conectados durante el día (aproximadamente 32 usuarios conectados en simultáneo). En cuanto la **Aula de Actividades Prácticas**, es un punto no muy concurrido de esta planta, en donde estarán conectados pocos usuarios (en

torno a 1-2 docentes o personal administrativo) teniendo como RSSI entre -55dBm a -75dBm, lo que es considerado como buenos parámetros de señal.

La ubicación de los AP's empleadas en la segunda planta, se debe a que el **Laboratorio de matemáticas** y la **Inspección realizada en sitio** determinaron que estos serían los puntos de calor más importantes. Ahora bien, para evitar el solapamiento de los canales según la distribución de los AP's y evitar interferencia como atenuación en la entramada de la red WiFi, se los configura de la siguiente manera:

Planta	Nombre de AP	Canal en 2.4 GHz	Canal en 5 GHz
Planta Baja	APB-1	1	36
	APB-2	6	52
Segunda Planta	APS-1	6	60
	APS-2	11	64
Tercera Planta	APT-1	11	100
	APT-2	1	48

**Tabla 14. Canales idóneos de AP'S.**

Fuente: Autor

#### **7.4.2. Soluciones tecnológicas**

Los equipos o soluciones tecnológicas que se implanten, deben cumplir con una serie de características mínimas que permitan una correcta funcionalidad de la red, tal como se ha establecido dentro del marco teórico. Es por ello que en el proceso de desarrollo se deben considerar las características y prestaciones que deben tener los equipos para que estos permitan la conexión óptima y estable de los usuarios.

Principalmente, se recomienda optar por equipos cuya configuración y uso cumplan con las siguientes características: 1. Que sean fáciles de administrar; 2. Posean tecnología MU-MIMO; 3. Soporten Dual Band (trabajen a 2,4 GHz y GHz) compatible con el estándar IEEE 802.11 n/ac, y; 4. Que garanticen un ancho de banda de 5 Mbps por usuario según lo especificado como política interna de la institución. En el caso de este trabajo, la institución manifestó que estaba dispuesta a realizar una inversión aproximada de 1000 dólares americanos, por lo que fue necesario seleccionar aquellos equipos que cumplieran con dichas características y estuvieran dentro del presupuesto estimado. Todas estas

consideraciones se esgrimieron y explicaron en el en el subcapítulo 7.2.3. Requerimientos solicitados para la red inalámbrica.

Considerando los requerimientos que deben cumplir los equipos, se realizó una comparativa entre las marcas Aruba, Ubiquiti y Cisco Meraki. Para ellos, se escogieron algunos modelos que podían ser integrados al diseño de la red. A fin de conocer cuál era la mejor opción, se realizó una tabla comparativa, como se muestra a continuación:

<b>Características</b>	<b>AP12</b>	<b>UAP-AC-LR</b>	<b>MR16</b>
<b>Marca</b>	Aruba	Ubiquiti	Cisco Meraki
<b>Banda</b>	2.4/5 GHz	2.4/GHz	2.4/5 GHz
<b>MIMO</b>	2x2 2.4GHz/3x3 5 GHz	3x3 2.4GHz/2x2 5 GHz	2x2 2.4GHz/2x2 5 GHz
<b>Velocidad Máxima</b>	300 Mbps/1300 Mbps	450 Mbps/867 Mbps	600 Mbps
<b>Garantía Ancho de Banda</b>	Configurable	Configurable	Configurable
<b>Estándar</b>	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n/ac	802.11 a/b/g/n
<b>Licencia</b>	Incluida, Aruba Mobility Controllers	Incluido, UniFi Controller	Incluido, Meraki Cloud Controller
<b>Renovación de licencia</b>	Si, anualmente. \$75 por equipo	No	Si, anualmente. \$150 por equipo
<b>Usuarios concurrentes</b>	75	250	128
<b>Costo Promedio</b>	\$209	\$159	\$289

**Tabla 15. Comparación de equipos inalámbricos Acces Point.**

Fuente: Autor

### **7.4.3. Análisis costo-beneficio**

Después de analizar las soluciones tecnológicas mencionadas anteriormente, la mejor opción en cuanto a la relación costo/beneficio son los equipos de la marca Ubiqui. Estos equipos se ajustan al presupuesto de la institución y cumplen con los requerimientos técnicos necesarios para la nueva red WiFi. Adicionalmente, los equipos Ubiquiti no requieren de gastos adicionales para garantizar su funcionamiento, como la renovación de licencias de uso o renovación anual por equipo. Por el contrario, los equipos de las marcas Aruba y Cisco Meraki requieren de un pago (75 y 150 dólares americanos respectivamente), para renovar el servicio de los dispositivos.

Marca	Modelo	Costo unitario promedio	Número de APs	Costo total
<b>Aruba</b>	AP12	\$209	6	\$1254
<b>Ubiquiti</b>	UAP-AC-LR	\$159	6	\$954
<b>Meraki</b>	UAP-AC-LR	\$289	6	\$1734

**Tabla 16. Costo total de las soluciones tecnológicas propuesto.**

Fuente: Autor

Marca	Modelo	Costo unitario de licencia anual	Número de APs	Costo total de licencias anual	Costo total de licencia a los 5 años
<b>Aruba</b>	AP12	\$75	6	\$450	\$2250
<b>Ubiquiti</b>	UAP-AC-LR	\$0	6	\$0	\$0
<b>Meraki</b>	UAP-AC-LR	\$150	6	\$900	\$4500

**Tabla 17. Costo total de renovación de licencias de las soluciones tecnológicas propuesto.**

Fuente: Autor

La información más detallada del resto de las características técnicas se encuentra en los datasheets de los equipos empleados en este análisis, los cuales están incluidos como *Anexo2. Datasheet Aruba, Anexo3. Datasheet Ubiquiti, Anexo4. Datasheet Meraki.*

Como punto final, culminado con el estudio de la propuesta de diseño de red WiFi, se realizó la presentación de los resultados de este trabajo a la autoridad máxima del plantel, en este caso el Director General. Se expuso y explicó los beneficios de la ubicación de los equipos, número de equipos requeridos, costos a desembolsar por cada uno de las soluciones tecnológicas mencionadas. Se levantó un documento en el cual avala la recepción y aceptación del trabajo presentado, en *Anexo 5. Carta de Aceptación.*

## 8. CONCLUSIONES

- El diseño desarrollado puede ser útil para mejorar la conexión de red WiFi en las zonas críticas del Instituto Politécnico. Además, permitirá garantizar la calidad del servicio y corregir los problemas de conexión que se detectaron al momento del diagnóstico. El análisis basado en mapas de calor, y con apoyo de las herramientas disponibles, determinó la disposición de los equipos de acuerdo con los requerimientos y necesidades de la institución.
- El diseño de red realizado en el presente trabajo se caracteriza por ser flexible y escalable. En términos de costo-beneficio, esto resulta provechoso por cuanto que facilita la incorporación de nuevos equipos cuando sea necesario, sin mayores dificultades o problemas de configuración. En estos términos, la escalabilidad para soportar a futuro un mayor ancho de banda de internet y un aumento de usuarios o accesos fue un factor fundamental para escoger los equipos que conformarían la red.
- Se evidencia, con este trabajo, la importancia de un correcto diseño de la infraestructura de red WiFi de una institución educativa para garantizar las actividades académicas que los usuarios deban realizar diariamente. Sin duda, el apoyo de un especialista es clave para marcar la diferencia, pues tiene la capacidad para presentar alternativas y opciones que se ajusten a los requerimientos institucionales.
- La interferencia provocada por el solapamiento entre canales dentro de las bandas 2.4GHz y 5GHz es uno de los factores que causa problemas de conectividad. Además, las características propias de la infraestructura y los materiales usados en la construcción pueden interferir en la calidad de la señal. Por eso, el diagnóstico debe partir de una inspección en sitio, en donde se determinará el grado de atenuación e interferencia que los equipos pudieran sufrir al momento de estar en funcionamiento. De igual forma, los mapas de calor son útiles para seleccionar los canales más idóneos, que garanticen una conexión estable dentro de la institución. al momento de instalar puntos de acceso o equipos similares sin cambiar sus valores predeterminados. Otro punto a considerar, se refiere a la selección de canales que usarán los equipos, con el fin evitar la interferencia entre señales.
- Finalmente, la selección de los equipos debe basarse en el análisis de costo-beneficio. Esto, para seleccionar las herramientas y soluciones que se adapten al presupuesto de la institución y que cumplan con los requerimientos previamente

detectados. El criterio aplicado en este caso, consistió en seleccionar equipos que no requieran de gastos adicionales para su funcionamiento (como suscripciones o renovaciones anuales) y que ofrecieron soporte Dual Band. En tal sentido, los equipos Ubiquiti demostraron tener las mejores prestaciones, y por eso fueron seleccionados dentro de la propuesta.

## 9. RECOMENDACIONES

- En caso de que la señal de un AP dentro de una red inalámbrica, no esté operando correctamente, se debe analizar y verificar si el problema se deba a la atenuación o interferencia, que esta pueda estar sufriendo. Esto puede deberse a que este cerca de algún aparato eléctrico, la orientación o ubicación de las antenas sea la incorrecta, se encuentre ubicada en rincones de habitaciones, salas y demás lugares de una edificación. De ser este el caso, el AP debe ser colocado en un punto central dentro la planta o estructura, con el fin de evitar las interferencias.
- Al emplear el Site Survey, hay que realizar un adecuado trazado y levantamiento del mapa sobre el cual se va a ubicar y posteriormente simular los elementos que conformen el diseño de una red WiFi. El objetivo consiste en representar adecuadamente la estructura física, para generar los mapas de calor que estos generen y determinar las zonas que se desean cubrir.
- Otro aspecto a tomar en consideración, es la correcta configuración de los canales tanto en 2.4GHz como en 5GHz dentro de los equipos que soporten Dual Band y que formen parte del diseño de la red WiFi. Esto evita el solapamiento entre equipos de la misma red y posibles redes vecinas. Además, se evitan problemas como baja potencia de la señal, pérdida de la señal, bajas velocidades de envío y recepción de paquetes, entre otros. Todos estos elementos pueden ser diagnosticados gracias a las herramientas disponibles, y por eso el análisis del diseño debe ser lo más exhaustivo.
- Hay que tomar en consideración factores externos, fuera de la planificación y levantamiento del diseño de una red WiFi, que puedan mermar el rendimiento y calidad de señal que suministren este servicio, tales como otras redes inalámbricas de casas aledañas al instituto, microondas, teléfonos inalámbricos, mouse inalámbrico, entre otros. El site survey y la simulación son útiles para detectar estos

elementos, y a su vez introducir los correctivos que ayuden a garantizar una conexión estable y óptima.

- Al realizar la implementación de cualquier tipo de configuración, es recomendable cambiar las contraseñas por defecto que vienen en los equipos seleccionados. Esto, para evitar intromisiones a la red y posibles ataques al servicio por parte de personas ajenas a la institución.

## Bibliografía

Adslzone.net (2016). ¿Qué implica que el nuevo WiFi 802.11ad opere a 60 GHz? [Artículo en línea]. Wireless [Blog]. Recuperado de: <https://www.adslzone.net/2016/12/15/implica-nuevo-WiFi-802-11ad-opere-60-GH/>

Android 4 All (16 de agosto de 2019). ¿Cuántos datos gasta un vídeo de YouTube de 5 minutos?. [Artículo en línea]. Android4All [Blog]. Recuperado de: <https://andro4all.com/2017/09/cuantos-datos-gasta-video-youtube>

Audara Blog (22 de marzo de 2020). ¿Cuál es la mejor app para video llamadas durante el teletrabajo? [Artículo en línea]. Audara Blog [Blog]. Recuperado de: <https://audara.co/cual-es-la-mejor-app-para-video-llamadas-durante-el-teletrabajo/>

Cabello, C. (11 de septiembre de 2015). Qué es el QoS y por qué es importante para tu red [Artículo en línea]. [Blog]. Recuperado de: <https://www.nobbot.com/tecnologia/mi-conexion/que-es-el-qos-y-por-que-es-importante-para-tu-red-local/>

Castro, S., Guzmán, B. y Casado, D. (2007). Las Tic en los procesos de enseñanza y aprendizaje. *Laurus*, 13(23), 2007, 213-234. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76102311.pdf>

CCM.net (27 de julio de 2017). Redes inalámbricas [Artículo en línea]. Recuperado de: <https://es.ccm.net/contents/818-redes-inalambricas>

Cisco (S/f). Channel Planning Best Practices. Cisco Meraki [Artículo en blog]. Recuperado de: <http://https://www.metageek.com/training/resources/design-dual-band-WiFi.html>

Coral Arlz (23 de septiembre de 2016). Ventajas y desventajas de una red LAN [Artículo en línea]. Instala una red Lan [Blog]. Recuperado de: <http://redlan23.blogspot.com/2016/09/ventajas-y-desventajas-de-una-red-lan.html>

Cosmed, X. (21 de diciembre de 2016). ¿Qué son los routers de doble banda? Las redes de los 2,4 y 5 GHz [Artículo en línea]. Lamanzanamordida.net [Blog]. Recuperado de: [https://lamanzanamordida.net/routers-doble-banda-2\\_4GH-5GH/](https://lamanzanamordida.net/routers-doble-banda-2_4GH-5GH/)

CTC Technologies (S.f.). [Artículo en línea]. Wireless / Wi-Fi Site Surveys [Blog]. Recuperado de: <https://www.ctctechnologies.com/solutions/networking/wireless-WiFi-site-audit-troubleshooting/>

Edimax (S.f). AC1200 Dual-Band Home Roaming Wi-Fi Upgrade Extender [Artículo en línea]. Edimax [Blog]. Recuperado de: [https://www.edimax.com/edimax/merchandise/merchandise\\_detail/data/edimax/global/whole\\_home\\_WiFi\\_system\\_ac1200\\_dual-band/re11s/](https://www.edimax.com/edimax/merchandise/merchandise_detail/data/edimax/global/whole_home_WiFi_system_ac1200_dual-band/re11s/)

Faure-González, I. C., García-Zayas, Y. (2012). Instalaciones de Redes. Vía para fortalecer el aprendizaje de las Redes Informáticas. *EduSol*, 12 (39), 26-32.

Hernández, R. M. (2017). Impacto de las TIC en educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-347.

Infochannel (20 de enero de 2015). Estándares IEEE 802.11, ¿qué necesito saber? [Artículo en línea]. [Blog]. Recuperado de: <https://www.infochannel.info/estandares-ieee-80211-que-necesito-saber>

Likegeek.com (13 de diciembre de 2018). Como Arreglar La Perdida De Paquetes (Causas Y Soluciones). Likegeek.com [Artículo en línea]. [Blog]. Recuperado de: <https://likegeeks.com/es/arreglar-la-perdida-de-paquetes/>

- López-López, H. J. (2005). Diseño de una zona Wi-Fi como herramienta de apoyo al modelo educativo de la Universidad Autónoma Indígena de México. *Ra Ximhai*, 1(2), 389-412. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46110209.pdf>
- Mateus, M. (2013). Routers de banda dual: qué son y qué ventajas nos aportan [Artículo en línea]. Xakata Móvil [Blog]. Recuperado de: <https://www.xatakamovil.com/conectividad/routers-de-banda-dual-que-son-y-que-ventajas-nos-aportan>
- Martínez Tapia, S. V. (2006). Comportamiento de la red Ethernet con protocolo TCP/IP en función de los correos Spam. *Télématique*, 5(1), 73-77. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/784/78450105.pdf>
- Metageek (s/f). Designing a Dual-Band Wireless Network. Metageek [Artículo en blog]. Recuperado de: <http://https://www.metageek.com/training/resources/design-dual-band-WiFi.html>
- Mora, M. A. (2004). Tecnologías para redes lan inalámbricas. *Télématique*, 3(1),79-93. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=784/78430107>
- Montero Baquero, J. D. (2016). Diseño de solución de conectividad de WiFi en el Campus de Floridablanca de la Universidad Santo Tomás (Tesis de pregrado). Universidad Santo Tomás. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/9456/MonteroBaqueroJuanDavid2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Murillo Safont, J. M. (2015). “Diseño e implantación de una red inalámbrica unificada en el Colegio Nuestra Señora de Fátima de Valencia” (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica de Valencia.

Mtnet (29 de agosto de 2016). Consideraciones importantes para el diseño de una Red Inalámbrica corporativa [Artículo en línea]. Mtnet Conectividad. [Blog]. Recuperado de: <https://www.mtnet.com.mx/blog/consideraciones-importantes-para-el-diseno-de-una-red-inalambrica-corporativa/>

NetSpot (s/f). Aumente su velocidad Wi-Fi con la ayuda de NetSpot — elija el mejor canal WiFi. NetSpot [Artículo en blog]. Recuperado de: <https://www.netspotapp.com/es/WiFi-channel-scanner.html> Cisco (4 de junio de 2009). QoS hizo con frecuencia las preguntas [Artículo en línea]. Cisco.com [Blog]. Recuperado de: [https://www.cisco.com/c/es\\_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.html](https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.html)

Periodista Digital (10 de julio de 2017). Así funciona el estándar IEEE 802.11 [Artículo en línea]. Periodista Digital [Blog]. Recuperado de: <https://www.periodistadigital.com/tecnologia/herramientas/20190710/funciona-estandar-ieee-802-11-noticia-689403991647/>

Salazar, J. (2016). Redes Inalámbricas. Recuperado de: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01\\_R\\_ES.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf)

Santana, E. (24 de marzo de 2015). Frecuencia de las redes inalámbricas [Artículo en línea]. Wiki Redes Inalámbricas [Blog]. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/wredwiki/frecuencias>

Seguridad en redes (2015). Redes WIFI [Artículo en línea]. Seguridad en redes WIFI [Blog]. Recuperado de: <http://seguridadredesjas.blogspot.com/2015/05/seguridad-en-redes-WiFi.html>

Sysadmit.com (03 de agosto de 2016). WiFi: Interferencias y reflejos - Buenas prácticas - Capítulo 8 [Artículo en blog]. Wi-Fi. Recuperado de: <https://www.sysadmit.com/2016/08/WiFi-interferencias-y-reflejos-buenas-practicas-capitulo-8.html>

Tipologías WLAN (2014). ESS [Artículo en línea]. Tipologías WLAN [Blog]. Recuperado de: [http://topologiass.blogspot.com/2014/10/ess\\_19.html](http://topologiass.blogspot.com/2014/10/ess_19.html)

Todo sobre redes (S.f.). Modo Ad-Hoc [Artículo en línea]. Todo sobre redes [Blog]. Recuperado de: <https://sobretodoredes.wordpress.com/redes-inalambricas/modos-de-operacion/modo-ad-hoc/>

Torres Cañizales, P. C. y Cobo Beltrán, J. K. (2017). Tecnología educativa y su papel en el logro de los fines de la educación. k, 21(68), 31-40.

Wikipedia (S.f). Ondas de radio [Artículo en línea]. Wikipedia [Blog]. Recuperado de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ondas\\_de\\_radio](https://es.wikipedia.org/wiki/Ondas_de_radio)

WhistleOut MX (30 de diciembre de 2019). ¿Cuántos MB consume el correo electrónico? [2020]. [Artículo en línea]. WhistleOut MX [Blog]. Recuperado de: <https://www.whistleout.com.mx/CellPhones/Guides/cuantos-mb-consume-el-correo-electronico>