UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

ANÁLISIS Y DISEÑO DE RED PARA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA EN LA UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA CARDENAL SPELLMAN

AUTOR:

ALEX GUILLERMO ALVAREZ CHAMORRO

TUTOR:

CARLOS AUGUSTO CUICHÁN MORALES

Quito, abril del 2016

Cesión de derechos de autor

Yo, Alex Guillermo Alvarez Chamorro, con documento de identificación N° 1724532369, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: Análisis y diseño de red para comunicación inalámbrica en la Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

.....

Nombre: Alex Guillermo Alvarez Chamorro

Cédula: 1724532369

Fecha: Quito, abril del 2016

Declaratoria de coautoría del docente tutor

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación Análisis y diseño de red para comunicación inalámbrica en la Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman, realizado por Alex Guillermo Alvarez Chamorro, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, abril del 2016

.....

Carlos Augusto Cuichán Morales

CI: 171438972-1

Índice

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1 3

MARCO CONCEPTUAL 3

1.1 Redes inalámbricas 3

1.1.1 Clasificación de redes inalámbricas por el alcance 3

1.1.2 Wi-Fi 4

1.1.3 Ventajas de las redes inalámbricas 5

1.1.4 Desventajas redes inalámbricas 5

1.1.5 Estándares IEEE 802.11x 6

1.1.6 Elementos de red inalámbrica 9

1.1.7 Modos de operación puntos de acceso 10

1.2 Seguridad 10

1.2.1 SSID 11

1.2.2 Filtración MAC 11

1.2.3 Protocolos AAA 12

1.2.4 Servidor RADIUS 12

1.2.5 Portal cautivo 13

1.2.6 WEP 13

1.2.7 WPA y WPA2 13

1.2.8 Segmentación de red. 14

1.3 Diseño jerárquico de red 14

1.4 Diseño de red inalámbrica 15

1.4.1 Recolección de datos 16

1.4.2 Inspección de las instalaciones 16

1.4.3 Selección de equipos 17

1.4.4 Diseño preliminar 17
1.4.5 Diseño definitivo 18
CAPÍTULO 2 20
FASE DE DISEÑO 20
2.1 Recolección de datos 20
2.1.1 Infraestructura física 21
2.1.2 Infraestructura de red 23
2.1.3 Topología de red actual 27
2.1.4 Servicios que ofrece la red 31
2.1.5 Segmento usuarios de red 32
2.1.6 Análisis de interferencias 32
2.2 Falencias de la red actual 33
2.2.1 Falencias de red físicas 33
2.2.2 Falencias de red lógicas 34
2.3 Requerimientos de la red 35
2.3.1 Conectividad inalámbrica 35
2.3.2 Controladora de LAN inalámbrica 36
2.3.3 Firewall Pfsense 36
2.3.4 Red LAN cableada 36
2.4 Características técnicas equipos inalámbricos 37
2.5 Criterios de diseño de red WLAN 37
2.6 Diseño preliminar 39
2.6.1 Aerohive Planner herramienta de simulación 39
2.6.2 Características y funcionamiento de Aerohive planner 39
2.6.3 Resultados de la simulación 41
2.6.4 Itinerancia 46

2.6.5 Selección de canales 46
2.6.6 Topología inalámbrica 48
CAPÍTULO 3 50
EVALUACIÓN Y PRUEBAS DE LA RED INALÁMBRICA 50
3.1 Evaluación de diseño 50
3.1.1 Site survey software empleado 51
3.1.2 Equipos 52
3.2 Site survey 53
3.2.1 Edificio sección básica 2 54
3.2.2 Edificio administrativo 56
3.2.3 Edificio sección bachillerato 56
3.2.4 Edificio sección básica 1 58
3.2.5 Áreas verdes 59
3.3 Pruebas de conectividad 60
3.4 Propuesta de red 61
3.4.1 Resultados de site survey inalámbrico 61
3.4.2 Direccionamiento 62
3.4.3 Portal cautivo 63
3.4.4 Ubicación de puntos de acceso 65
CAPÍTULO 4 67
PRESUPUESTO DE RED INALÁMBRICA 67
4.1 Soluciones disponibles en el mercado 67
4.1.1 Cisco 67
4.1.2 Ruckus 69
4.1.3 Xirrus 69
4.2 Comparación de equipamiento por fabricante 69

4.2.1 Comparación de fabricantes por características técnicas 70
4.2.2 Comparación de fabricantes por costo de la solución 72
4.3 Selección de fabricante 73
4.4 Análisis de costos 73
4.4.1 Elementos de interconexión 73
4.4.2 Equipamiento 74
4.4.3 Costos de instalación 74
4.4.4 Costos de configuración y mantenimiento 75
4.4.5 Costo de implementación 75
CONCLUSIONES 76
RECOMENDACIONES 78
REFERENCIAS 79
ANEXOS 82

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de tecnologías 802.11x 9

Tabla 2. Materiales y atenuación característica 16

Tabla 3. Identificación de edificios en mapa 22

Tabla 4. Descripción quipos activos edificio educación básica 2 U.E.S.C.S 27

Tabla 5. Equipos activos de red 31

Tabla 6. Diagnostico de red y grado de afectación de la red 35

Tabla 7. Porcentaje de cobertura inalámbrica obtenida por simulación 46

Tabla 8. Asignación de canales bandas 2.4 y 5Ghz 48

Tabla 9. Escala de colores empleada en los diagramas de calor 54

Tabla 10. Niveles de intensidad señal inalámbrica medida 59

Tabla 11. Asignación de subredes LAN cableada 62

Tabla 12. Descripción de subredes asignadas LAN inalámbrica 63

Tabla 13. Comparación de características técnicas por fabricantes 71

Tabla 14. Selección de fabricante por características técnicas 72

Tabla 15. Selección de fabricante según relación costo beneficio 72

Tabla 16. Costo referencial de elementos de interconexión 73

Tabla 17. Costo referencial de equipos 74

Tabla 18. Costo de configuración de equipos 75

Tabla 19. Presupuesto de implementación global 75

Índice de figuras

Figura 1. Tecnologías inalámbricas por área de acción 4

Figura 2. Descripción estándares inalámbricos en relación de ancho de banda y clientes soportados 9

Figura 3. Referencia numerada de bloques 21

Figura 4. Topología desactualizada sin la totalidad de los quipos en producción 28

Figura 5. Distribución física de equipos activos en la red U.E.S.C.S. 30

Figura 6. Delimitación de muros y selección de materiales 40

Figura 7. Patrón radiación tercera planta básica 2 41

Figura 8. Patrón radiación segunda planta básica 2 42

Figura 9. Patrón radiación primera planta básica 2 42

Figura 10. Patrón radiación planta baja 43

Figura 11. Patrón radiación edificio administrativo planta a) alta, b) baja 43

Figura 12. Patrón radiación segunda planta bachillerato 44

Figura 13.Patrón radiación primera planta bachillerato 44

Figura 14. Patrón radiación planta baja bachillerato 45

Figura 15. Patrón radiación básica 1 45

Figura 16. Coexistencia de canales adyacentes en tercera planta básica 47

Figura 17. Topología física de red inalámbrica y distancias al cuarto de equipos..... 49

Figura 18. Proceso para la generación de mapas de calor en la U.E.S.C.S. 51

Figura 19. Resultado site survey cobertura básica 2 planta 3 54

Figura 20. Resultado site survey cobertura básica 2 planta 2 55

Figura 21. Resultado site survey cobertura básica 2 planta 1 55

Figura 22. Resultado site survey cobertura básica 2 planta baja 56

Figura 23. Resultado site survey cobertura edificio administrativo a) planta alta, b) planta baja 56

Figura 24. Resultado site survey cobertura bachillerato planta 2 57

Figura 25. Resultado site survey cobertura bachillerato planta 1 57

Figura 26. Resultado site survey cobertura bachillerato planta baja 58

Figura 27. Resultado site survey cobertura básica 1 58

Figura 28. Resultado site survey cobertura áreas verdes y canchas deportivas 59

Figura 29. Zonas de mayor concentración de usuarios a) bachillerato planta 2 b) básica 2 planta 3 60

Figura 30. Diversidad de dispositivos finales detectados en la institución 61

Figura 31. Ventana de autenticación de usuarios y condiciones de uso U.E.S.C.S .. 64

Figura 32. Topología física de red y ubicación final puntos de acceso 66

Índice de anexos

Anexo 1. Tabla MCS 802.11ac y 802.11n más difundida 82

Anexo 2. Hoja de datos punto de acceso indoor Xirrus 630 83

Anexo 3. Hoja de datos antena externa Ruckus ZF7762 85

Anexo 4. Configuración Firewall PFsense 87

Anexo 5. Hoja de datos punto de acceso Meraki 94

Anexo 6. Ubicación puntos de acceso 98

Anexo 7. Carta de conformidad por parte de la U.E.S.C.S 99

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad realizar un estudio que permita la inserción de la red inalámbrica basada en estándares IEEE 802.11 compatible con la diversidad de clientes bajo certificación Wi-Fi existentes en la U.E.S.C.S, la red inalámbrica se establece como complemento a la red cableada existente incrementando los medios de acceso a la red en la unidad educativa.

Entre los objetivos del proyecto se encuentra la identificación del ambiente de radio frecuencia único de la zona bajo estudio, las fuentes internas y externas que dificultan las comunicaciones inalámbricas y la selección del equipamiento necesario que permita proporcionar cobertura ubicua en el campus garantizando la calidad de los datos transmitidos de emisor a receptor.

Los resultados de los estudios de propagación y estudios de campo realizados en la U.E.S.C.S muestran que la cantidad de equipos seleccionados otorgan cobertura ubicua con niveles de presencia inalámbrica RSSI superior a -70 dBm en las áreas más apartadas y en base a las pruebas de carga de la red se establece un volumen de usuarios concurrentes que no excede los 60 usuarios por dispositivo inalámbrico.

El proyecto de diseño de red inalámbrica es complementado con un análisis financiero que refleja la inversión necesaria para implementar la solución con la relación costo beneficio que mejor se ajuste a los requerimientos de la institución educativa.

ABSTRACT

This paper aims to conduct a study to allow the insertion of standards-based IEEE 802.11network compatible with the diversity of customers Wi-Fi certified at the U.E.S.C.S. Wireless network is established as a supplement to the existing wired network increasing the means of access to the network in the educational institution.

Among the objectives of the project is the identification of the radio environment of the area under study, internal and external sources that hinder wireless communications and selection of equipment necessary to enable provide ubiquitous coverage on campus ensuring quality data transmitted from sender to receiver.

The results of propagation studies and field studies in the U.E.S.C.S. show that the number of selected equipment provide ubiquitous coverage with wireless presence levels RSSI greater than -70 dBm in remote areas and based on load tests network is expected to have a limit of 60 concurrent users per wireless device.

The wireless network design is complemented with a financial analysis reflecting the investment required to implement the solution with the cost-benefit ratio that best fits the requirements of the educational institution.

INTRODUCCIÓN

La Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman (U.E.S.C.S) es una institución de instrucción media que se encuentra en una búsqueda constante de optimizar la metodología de enseñanza con la finalidad de formar bachilleres con alto nivel académico y humano.

Por esta razón y con el objeto de mejorar el servicio que prestan a sus estudiantes y al personal que conforma la institución, la U.E.S.C.S requiere adicionar el acceso inalámbrico a los recursos de red ya existentes en el campus educativo.

Este proyecto en base al análisis de los requerimientos y necesidades de la U.E.S.C.S se presenta como una solución viable que integra conectividad inalámbrica a todo el campus educativo prestando mayor énfasis en zonas conflictivas debido a la demanda masiva de usuarios y áreas que por su utilidad requieren mejor servicio como son las dependencias administrativas.

El proyecto de titulación se encuentra dividido en cuatro capítulos. El primer capítulo reúne información relevante en cuanto a redes inalámbricas que permiten conocer el tipo de soluciones disponibles y las tendencias de diseño utilizadas en ambientes educativos para seleccionar la que presente la mayor ventaja en escalabilidad, estabilidad y rendimiento para el elevado volumen de usuarios de la institución.

El segundo capítulo recopila información del estado actual de la infraestructura física y de la red cableada pilar fundamental que debe estar en óptimas condiciones para soportar la inserción de la red libre de cables y en base a los requerimientos manifestados por el personal de sistemas a cargo del Ing. Oswaldo Vera y el Tcnlg. Xavier Granda diseñar una red inalámbrica ubicua en el campus educativo.

Además se realiza una serie de simulaciones predictivas del entorno de RF que generan una primera apreciación de los requerimientos técnicos del equipamiento necesario para soportar la carga de usuarios existentes en la institución y que aporte un alto rendimiento en las condiciones de propagación limitadas de la unidad educativa debido a el material altamente perjudicial para las señales inalámbricas con las que está construida la institución al ser una edificación antigua.

En el tercer capítulo se desarrolla un estudio de campo que analiza el estado real del medio inalámbrico considerando obstáculos de toda clase como muros, paredes, mobiliario, personas existentes en el área mediante la instalación provisional de equipos inalámbricos que permiten recopilar información veraz del entorno radio eléctrico.

Con los datos obtenidos del segundo capítulo y el estudio realizado en el tercer capítulo se realiza la propuesta de red inalámbrica que detalla las soluciones a los problemas identificados en la red a nivel físico, lógico y el volumen de dispositivos que requiere la institución para la futura implementación de la red inalámbrica

En el cuarto capítulo se selecciona entre las marcas más robustas existentes en el mercado local la solución que brinda el mayor beneficio para la U.E.S.C.S y se realiza un análisis financiero que detalla el presupuesto necesario para lograr ésta implementación bajo la solución más rentable.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas permiten que diversos dispositivos se comuniquen entre sí sin la intervención de cables al emplear el espacio como medio de transmisión utilizando ondas electromagnéticas, los campos de acción de las redes inalámbricas abarcan aplicaciones de corto alcance para pocos usuarios hasta servicios masivos de alcance extendido como la telefonía móvil.

La versatilidad y alto grado de desempeño que presentan las redes inalámbricas ha permitido la proliferación de este tipo de soluciones ante la necesidad humana de permanecer en contacto con sus pares y obtener información sobre eventos que ocurren a nivel mundial en tiempo real desde cualquier punto en el que se encuentren.

1.1.1 Clasificación de redes inalámbricas por el alcance

La diferencia más notoria entre las tecnologías de comunicación inalámbrica es la que se enfoca en el radio de acción, según el alcance de operación se clasifican en:

- Red de área personal inalámbrica (WPAN): tecnología de corto alcance empleada en la conexión de dispositivos periféricos en un radio de 10m. Bluetooth, Zigbee son ejemplos de WPAN (Castaño & López, 2013, pág. 251).
- Red de área local inalámbrica (WLAN): tecnología que cubre dispositivos de un local, piso, edificio, campus. En base a las variantes del estándar 802.11 con una distancia promedio de 100m que tiende a disminuir por las características del medio y los obstáculos del área (Castaño & López, 2013, pág. 251).
- Red de área metropolitana inalámbrica (WMAN): tecnología de amplio alcance cubre dispositivos en entornos urbanos, se basa en el estándar 802.16 WIMAX con distancias oscilan de 4 a 10Km, emplea antenas directivas (Castaño & López, 2013, pág. 251).

- Red de área amplia inalámbrica (WWAN): tecnologías de largo alcance, la aplicación más utilizada son las redes celulares (Castaño & López, 2013, pág. 251)

En este proyecto se emplean redes WLAN por lo que únicamente se describen este tipo de redes con mayor detalle. La figura 1 muestra la clasificación de las redes inalámbricas.

Clasificación de tecnologías inalámbricas

Figura 1. Tecnologías inalámbricas por área de acción

Fuente: (Ferrero & de la Cuesta, 2007, pág. 19)

1.1.2 Wi-Fi

Una red Wi-Fi proporciona conectividad inalámbrica mediante ondas de radio a múltiples dispositivos finales utilizando el aire como medio de transmisión en las bandas de ISM 2,4Ghz o UNII 5Ghz dependiendo de la versión del estándar IEEE 802.11 que emplean los dispositivos de red y de usuario que operan dentro de la red.

Las WLAN permiten a sus usuarios permanecer conectados a la infraestructura de red sin la limitación de movilidad que imponen los cables a las redes LAN cableadas, los clientes pueden acceder remotamente a la información y recursos de la empresa mientras se desplazan a través de las zonas que cuentan con cobertura inalámbrica.

Actualmente el incremento de dispositivos que soportan las variantes del estándar IEEE 802.11 han vuelto indispensables a las redes inalámbricas pasando de ser una novedad a una necesidad creciente por los beneficios que agrega sea en entornos empresariales, educativos u hogares haciéndolas incluso más utilizadas que sus pares de hilos por su fácil implementación y escalabilidad en comparación a redes cableadas (Jackman, Swartz, & Head, 2014, pág. 11).

Según el estudio realizado por IBSG (Internet Business Solutions Group) los beneficios de BYOD (Bring Your Own Device) en reducción de costos en entornos empresariales varían en base a la función del empleado, Cisco IBSG estima el beneficio anual de BYOD entre $300 y $1300 incrementando la productividad, BYOD requiere de entornos inalámbricos para su funcionamiento (Cisco, 2012).

1.1.3 Ventajas de las redes inalámbricas

- Fácil implementación: las soluciones inalámbricas tienen menor complejidad que las redes cableadas por la disminución de cables y la cantidad de usuarios que se conectan a través de un solo punto de acceso (AP).
- Escalabilidad: el aumento de puntos de acceso solventa el incremento de usuarios, estaciones de trabajo y aumenta la zona de cobertura (Baquero, 2014)
- Velocidad: altas tasas de transmisión al utilizar la última versión del estándar IEEE 802.11ac, se obtienen velocidades superiores a 1Gbps.
- Movilidad y roaming: permite a los usuarios de la red desplazarse por la infraestructura sin perder conectividad al cambiar de punto de acceso. (Harkirat, 2015)
- Reducción de costos: inversión baja debido a los costos de cableado reducidos necesarios para agregar estaciones de trabajo sea una nueva implementación o extensión a la red (Harkirat, 2015).
- Regeneración de la señal: extensión de cobertura en zonas de difícil acceso mediante WDS (sistema de distribución inalámbrico) se interconectan puntos de acceso sin necesidad de cables

1.1.4 Desventajas redes inalámbricas

- Vulnerabilidad: las redes Wi-Fi al utilizar el aire como medio de transmisión son susceptibles a infiltraciones y robo de información por falencias en la seguridad (Baquero, 2014).
- Degradación de señal: las ondas electromagnéticas sufren pérdidas por las características del medio y los obstáculos que atraviesan entre transmisor y receptor.

- Interferencia: son propensas a fuentes de interferencia Wi-Fi y no Wi-Fi, al operar en las bandas de 2.4Ghz y 5Ghz que son empleadas por artefactos de uso común, especialmente en la banda de 2.4Ghz cuyo espectro presenta mayor saturación (Baquero, 2014).

1.1.5 Estándares IEEE 802.11x

802.11-1997

El primer estándar IEEE 802.11 ratificado en 1997 especifica velocidades de transmisión de 1 y 2Mbps en la banda de 2.4Ghz, define dos capas físicas para radiofrecuencia e infrarrojo, establece dos tipos de transmisión FHSS (espectro ensanchado por salto de frecuencia) y DSSS (espectro ensanchado por secuencia directa), para evitar interferencias por compartir el medio de transmisión se emplea como método de acceso CSMA/CA (acceso múltiple por detección de portadora con evasión de colisiones) que escucha el estado del medio y espera a que este libre para transmitir (Hucaby, 2014, pág. 52).

IEEE 802.11b

Aprobado por la IEEE en 1999, soluciona problemas de interoperabilidad entre marcas y mejora la tasa de transmisión a 5.5 y 11Mbps con modulación CCK (Complementary Code Keying) en la banda de 2.4Ghz, utiliza el método de acceso CSMA/CA y el mecanismo de transmisión DSSS definidos en la primeria versión del estándar (Hucaby, 2014, pág. 52).

IEEE 802.11a

Versión aprobada en 1999. El estándar IEEE 802.11a opera en el rango de frecuencia de 5Ghz que presenta menor congestión que la banda de 2.4Ghz, mejora el uso del espectro al utilizar OFDM como técnica de transmisión con modulación 64-QAM ¾, alcanza su velocidad techo de transmisión a 54 Mbps (Hucaby, 2014, págs. 54-55)

IEEE 802.11g

Esta variación del estandar ve la luz en el año 2003, es una combinación de sus predecesores 802.11 a y b, ya que toma los pilares fundamentales de cada uno, opera en la banda de frecuencia de 2.4Ghz, utiliza OFDM como técnica de transmisión con

soporte para DSSS lo que lo hace compatible con dispositivos 802.11b (Hucaby, 2014, págs. 52-53)

IEEE 802.11n

El estándar 802.11n definitivo fue aprobado en septiembre del 2009. Este estándar presenta grandes cambios que mejoran el rendimiento así como la confiablidad del enlace.

Agregación de canal: duplica el ancho de banda del canal a 40Mhz, lo que se refleja en mayor número de subportadoras OFDM 108 en total que incrementan la cantidad de datos que se pueden transportar (Hucaby, 2014, pág. 57).

Multiplexación espacial: los datos son distribuidos entre dos o más radios operando en el mismo canal pero separados a través de diversidad espacial, las cadenas de radio viajan aisladas entre ellas o fácilmente distinguibles, el incremento de flujos espaciales incrementan los datos transmitidos. El número de flujos espaciales que soporta un dispositivo depende de su capacidad de procesamiento (Hucaby, 2014, pág. 58).

Intervalo de guarda: previene errores por interferencia inter símbolo mediante un intervalo de guarda (IG) de 800ns entre el arribo de cada símbolo que preserva la comunicación, él IG puede modificarse a 400ns para mejorar la tasa de transmisión aunque se incrementa la tasa de error (Hucaby, 2014, pág. 59).

Beamforming TxBF: la misma señal puede ser transmitida por múltiples antenas MIMO variando su fase para alcanzar un cliente específico. El transmisor genera tablas de los dispositivos y los ajustes de fase necesarios para centrar la señal a cada uno de ellos (Hucaby, 2014, págs. 60-61).

La velocidad teórica de 802.11n es de 600Mbps, esta velocidad difícil de alcanzar ya que se necesita dispositivos que soporten todas los esquemas MCS (esquema modulación y codificación) que especifica el estándar. El estándar 802.11n solo exige los 16 primeros modos para puntos de acceso y los 8 primeros para dispositivos clientes de los 32 posibles (González, 2014).

IEEE 802.11ac

Estándar ratificado en enero del 2014, es conocido como WiFi 5G o WiFi Gigabit este estándar es una evolución de 802.11n mejora muchas de sus características.

Utiliza el espectro de 5Ghz con tasas de transferencia teóricas de 1.3Gbps en su primer lanzamiento con 6.9Gbps en su versión final aun en desarrollo que posee canales más amplios de 80+80 y 160Mhz y establece hasta 8 flujos de datos espaciales, cada flujo espacial aumenta proporcionalmente el rendimiento (Thornycroft, 2013, págs. 5-12).

Implementa modificaciones a las capas PHY y MAC del estándar 802.11. La tecnología de transmisión Beamforming (TxBF) detecta la ubicación de los dispositivos e incrementa la intensidad de la señal al focalizar el haz de la señal en dirección del dispositivo suplicante mediante procesamiento digital de la señal, a su vez el estándar utiliza una codificación superior 256-QAM (Aruba, 2015, págs. 4-10).

El anexo 1 muestra la tabla MCS de 802.11ac con tres flujos de datos, canales de 20, 40, 80 y 160 MHz y los 23 primeros modos empleados comercialmente de 802.11n

Los dispositivos 802.11ac transmiten alrededor de 75 mil paquetes por segundo, superando los 35 mil paquetes por segundo de 802.11n, para soportar este tráfico los puntos de acceso incorporan una memoria DRAM en cada radio para la entrega de paquetes su hardware es más sofisticado ya que el procesamiento es mayor (Cisco, 2014).

IEEE 802.11ad

Este estándar fue aprobado en 2014, es el primer estándar tri-banda aún se encuentra en desarrollo, presenta inconvenientes de alcance relacionados con la banda de operación ISM 60Ghz, brinda cobertura a dispositivos en la misma habitación con línea de vista ya que esta señal por su longitud de onda se desvanece con facilidad. El estándar especifica velocidades de transmisión de 7Gbps, busca eliminar cables en la interconexión de dispositivos a distancias cortas. 802.11ad introduce la transferencia rápida de sesión que permite a los equipos el intercambio de banda de frecuencia de 60 a 5 y 2,4Ghz sin perder conexión basándose en criterios como desempeño óptimo y distancia con el punto de acceso (IEEE, 2013).

La figura 2 muestra la evolución de los estándares inalámbricos en relación con el ancho de banda y número de clientes que soporta en cada tecnología IEEE 802.11.

Evolución en el tiempo de estándares Wi-Fi

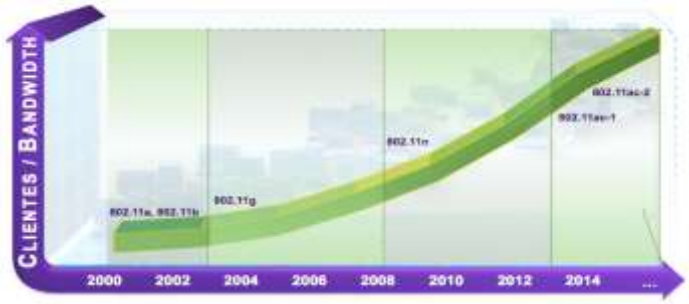


Figura 2. Descripción estándares inalámbricos en relación de ancho de banda y clientes soportados
Fuente: (Cisco, 2014)

La tabla 1 muestra las características relevantes de los estándares inalámbricos Wi-Fi que entre sus avances más significativos se encuentra el incremento de las tasas de transmisión en cada lanzamiento.

Tabla 1. Descripción de tecnologías 802.11x

Estándar	**Año**	**Banda (GHz)**	**Canal (MHz)**	**Transmisión**	**Modulación**	**Compatible**	**Velocidad Max**
802.11-1997	1997	2.4	22	DSSS,FHSS	DBPSK, DQPSK	N/A	2 Mbps
802.11a	1999	5	22	DSSS	BPSK, 64-QAM	No	54 Mbps
802.11b	1999	2.4	20	OFDM	CCK	802.11	11 Mbps
802.11g	2003	2.4	22	DSSS	BPSK, 64-QAM	b	54 Mbps
802.11n	2009	2.4/5	20, 40	OFDM	BPSK – 64-QAM	a/b/g	600 Mbps
802.11ac	2012	5	20,40,80, 160	OFDM	BPSK – 256-QAM	a/ b/g/n	6.9 Gbps
802.11ad	2013	60	20,40,80, 160	OFDM	BPSK – 256-QAM	a/b/g/n/ac	7 Gbps

Nota: Comparación estándares inalámbricos IEEE.

1.1.6 Elementos de red inalámbrica

Los elementos indispensables que conforman una WLAN son dispositivos finales y puntos de acceso que se enlazan a la red LAN mediante el sistema de distribución.

Dispositivos finales: equipos que disponen de una NIC inalámbrica o adaptadores USB, los dispositivos finales son computadores, smartphones, impresoras y objetos de uso cotidiano como refrigeradores, televisores entre otros.

Puntos de acceso inalámbricos: son dispositivos half-dúplex con la capacidad transmitir y recibir señales de radio desde y hacia los dispositivos inalámbricos dentro de su área de influencia, a su vez es una pasarela entre la red cableada y la red inalámbrica que se encarga de convertir la información para que pueda ser comprendida por las diferentes capas físicas.

1.1.7 Modos de operación puntos de acceso

Un punto de acceso en base a las prestaciones que brinde puede ser configurado en tres diferentes modos de operación que son punto de acceso (root), puente (bridge) y repetidor

Punto de acceso modo root: Es el modo por defecto de un punto de acceso en el que se engancha a un sistema de distribución mediante la interfaz Ethernet, los usuarios inalámbricos pueden acceder a la red a través de un solo AP compartiendo la conexión. Se pueden comunicar con otros AP conectados a la red cableada permitiendo roaming (Butler, y otros, 2013, pág. 133)

Punto de acceso Modo repetidor: Permite incrementar el área de cobertura la red inalámbrica mediante la interconexión de puntos de acceso sin la necesidad de cables, la desventaja de este sistema es que el ancho de banda se divide a la mitad al atravesar cada repetidor y las celdas deben tener un 50% de solapamiento para su funcionamiento (Butler, y otros, 2013, pág. 133).

Punto de acceso modo Puente: Es una conexión punto a punto entre dos AP que únicamente intercambiaran información entre ellos, en esta configuración se utilizan antenas directivas para focalizar la señal hacia el siguiente punto de acceso.

1.2 Seguridad

La seguridad es un factor crucial en todo sistema de comunicación, al momento de diseñar una solución inalámbrica se debe precautelar el valor de la información que circula por la red protegiendo la confidencialidad del usuario y de la información.
Los datos generados deben ser entregados al destino sin ser interceptados por

terceros ya que la captura de los datos transmitidos puede generar severos perjuicios como robo datos financieros, información confidencial, suplantación de identidad y derivar en ataques a la infraestructura de red. Mediante planificación adecuada se consigue mitigar las vulnerabilidades de este tipo de redes haciendo que sean tan seguras como sus pares cableadas

Seguridad informática

Área de la informática que se encarga de garantizar y proteger la confiabilidad, integridad y disponibilidad de la información (Acevedo, 2011)

Confiabilidad: acceso únicamente a los usuarios con los permisos correspondientes (Acevedo, 2011).

Integridad: protege la precisión y totalidad de la información y los medios de procesamiento (Orben, 2016).

Disponibilidad: usuarios autorizados pueden acceder a la información cuando lo requieran (Acevedo, 2011).

Seguridad en redes

La seguridad de redes garantiza el funcionamiento de los equipos en una red y que posean los derechos que les han sido adecuados a su vez la seguridad se encarga de: evitar que personas no autorizadas ingresen a la red, evitar que los usuarios realicen operaciones involuntarias que alteren la red, asegurar los datos (CCM, s.f.)

1.2.1 SSID

Ocultar el SSID de la red es un mecanismo de seguridad de bajo nivel, el AP deja de enviar tramas beacon con su MAC y el SSID de la red imposibilitando que los dispositivos inalámbricos observen la red, existen aplicaciones que localizan SSID ocultos por lo que este método no es eficaz.

1.2.2 Filtración MAC

El acceso a la red Wi-Fi puede restringirse por la dirección MAC de los clientes. El AP contiene la lista de direcciones autorizadas, cuando un usuario intenta conectarse a un punto de acceso, la dirección MAC del cliente es consultada en la lista MAC si la dirección no coincide la asociación es rechazada. A su vez el AP puede tener una

tabla de direcciones MAC prohibidas en este modo los clientes fuera de esta lista acceden a la red. (Butler, y otros, 2013, págs. 157-158)

1.2.3 Protocolos AAA

Son un conjunto de procedimientos y protocolos que se encargan de realizar la autenticación, autorización y auditoría a control de las actividades realizadas por los diferentes usuarios que tienen acceso a la infraestructura de red. Las siglas AAA representan autenticación, autorización y auditoría que se describen a continuación.

- Autenticación (Authentication): determina si la identidad y credenciales proporcionados por el usuario se encuentran registrados en la base de datos del servidor AAA, el servidor evalúa los datos recibidos y resuelve permitir o restringir el acceso a la red (López, 2015).
- Autorización (Authorization): se encarga de la concesión de servicios específicos a un usuario según el grado de privilegios con los que cuenta basándose en reglas establecidas por el administrador de red (López, 2015).
- Auditoría (Accounting): se encarga registrar los eventos que ocurren en la red (López, 2015).

Existen diferentes protocolos que desempeñan servicios AAA entre ellos RADIUS, DIAMETER, TACACS, TACACS+. En este proyecto se utiliza el protocolo RADIUS.

1.2.4 Servidor RADIUS

RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Server) es un protocolo de red cliente-servidor que define reglas para la comunicación entre dispositivos de red, recibe y procesa solicitudes de conexión para autenticación, autorización y auditoría de usuarios remotos. La realiza el intercambio de datos para establecer conexiones mediante el puerto UDP 1812. (Castaño & López, 2013, págs. 271-273)

Los componentes de la infraestructura RADIUS se mencionan a continuación

Suplicante: dispositivos cliente que buscan acceso a la red.

Servidor de autenticación: es el punto de acceso en redes Wi-Fi, clientes RADIUS encargados de transmitir las peticiones del cliente hacia el servidor. Utiliza el

protocolo EAPoL en la comunicación con el cliente y EAP sobre RADIUS con el servidor (Castaño & López, 2013, págs. 271-273)

Servidor RADIUS: Es el equipo encargado de la resolución de solicitudes de conexión provenientes de clientes en forma de mensaje RADIUS, en función de los datos recibidos comparados con la base de datos que puede encontrarse en un servidor independiente o conjuntamente con el servidor RADIUS. (Castaño & López, 2013, págs. 271-273)

1.2.5 Portal cautivo

Un portal cautivo es esencialmente la integración de un firewall con autenticación mediante página web según manifiestan (Coleman, Westcott, Harkins, & Jackman, 2010, pág. 442) es una herramienta de seguridad que se emplea en redes inalámbricas para controlar el acceso a la red mitigando la intrusión de dispositivos que no pertenecen a la organización. La función del portal cautivo es bloquear los paquetes transmitidos por el usuario hasta que este se autentique en el portal mediante un navegador web en el que el trafico HTTP y HTTPS es re dirigido hacia la página de registro en la que se introducen las credenciales previamente asignadas o simplemente puede ofrecer un mensaje de bienvenida indicando el tiempo límite de uso y condiciones del servicio como se emplea en espacios públicos.

1.2.6 WEP

Se implementa en el estándar original IEEE WPA y WPA2 802.11 1997, utiliza cifrado por clave estática RC4 con autenticación por clave compartida generada por el administrador de la red. El estándar posee tres niveles de seguridad de 40, 104 y 232 bits o en forma hexadecimal 10,26 y 48 dígitos. Este mecanismo es descontinuado por enviar tramas sin cifrar durante el proceso iniciación lo que desencadeno el desarrollo de algoritmos para decodificar la clave haciéndolo inseguro. (Castaño & López, 2013, pág. 273)

1.2.7 WPA y WPA2

WPA se establece como una solución temporal a WEP durante la elaboración de 802.11i que decanta en la certificación WPA2. Una red Wi-Fi que utiliza WPA2 provee seguridad y privacidad a los usuarios se basa en dos protocolos AES y

802.11i, posee dos tipos de autenticación mutuos mediante clave pre compartida (PSK) y mediante 802.1x/EAP (Wi-Fi Alliance, 2012).

La implementación completa del estándar 802.11i elimina las falencias de WEP, utiliza el sistema encriptación avanzada AES debido a que refleja menor vulnerabilidad que TKIP. AES utiliza encriptación de 128, 192, 256 bits, la autenticación se realiza mediante 802.1x/EAP comúnmente en redes extensas se emplea servidor RADIUS (Prodanovic & Simic, 2007).

1.2.8 Segmentación de red.

Redes extensas presentan problemas relacionados con bajo rendimiento debido a tráfico innecesario dentro de la red por amplios dominios de difusión y crean una brecha de seguridad al transportar diversos tipos de información por el mismo canal.

La segmentación de red en base a VLAN permite crear porciones de red independientes de menor tamaño agrupados de forma lógica que pueden o no comunicarse entre sí dependiendo de la configuración permitiendo separar usuarios en grupos adecuados, cada VLAN puede tener diferente ancho de banda y políticas de seguridad en base a su funcionalidad.

Las ventajas de segmentar una red por VLAN:

- Administración: Cada VLAN representa un segmento de red independiente, permite identificar problemas con mayor rapidez y facilita la administración.
- Flexibilidad: versatilidad de operación de puertos, un puerto puede servir a una VLAN distinta mediante la modificación de la configuración en el switch (CCM, s.f.).
- Seguridad: El tráfico de cada viaja por canales virtuales diferentes en base al grupo que lo genera independiente a otras VLAN en la red (SAT, 2014).
- Menor congestión: se reduce las difusiones de broadcast debido a que las VLAN rompen esta clase de dominios (SAT, 2014).

1.3 Diseño jerárquico de red

El diseño jerárquico de red permite dividir a la red en capas asignando a cada capa una tarea específica facilitando la implementación, organización y administración reduciendo la complejidad en redes extensas. Las capas del modelo son acceso,

distribución y núcleo aunque en redes de pequeñas se suele implementar modelos colapsados de dos capas en las que se unifica la capa núcleo y distribución en una sola reduciendo costos (Cisco, 2014, págs. 3-5)

Capa de Acceso

La capa de acceso proporciona conectividad a los dispositivos finales a la red. La capa de acceso está formada por conmutadores y puntos de acceso inalámbricos. El propósito principal de la capa de acceso es aportar un medio de conexión a los dispositivos finales de usuario y controlar qué dispositivos pueden comunicarse en la red (Sánchez, 2014, pág. 8)

Capa de distribución

La capa de distribución agrega los datos recibidos de la capa de acceso antes de que se transmitan a la capa núcleo para el enrutamiento hacia su destino final (Sánchez, 2014, pág. 8)

La capa de distribución enlaza a los switch de acceso, controla el flujo de tráfico de la red con el uso de políticas y traza los dominios de broadcast (Sánchez, 2014, pág. 8).

Capa Núcleo

La capa núcleo se encarga de procesar el tráfico proveniente de la capa de distribución e interconectar a los equipos de distribución por lo que debe ser capaz de transmitir paquetes a alteas velocidades al ser una capa con tareas importantes tener equipos redundantes es decir los equipos deben tener más de una fuente de alimentación y existir un equipo espejo que adquiera el control ante eventos inesperados (Valdivia, 2015, pág. 102).

1.4 Diseño de red inalámbrica

El diseño adecuado de una red inalámbrica debe seguir una serie de pasos ordenados para cubrir las necesidades de ancho de banda, cobertura, capacidad y calidad de servicio en la red, en el proyecto se siguen esta serie de pasos.

- Recolección de datos y análisis de información.
- Inspección de las instalaciones.
- Elección del equipamiento.

- Diseño preliminar.
- Diseño definitivo.

1.4.1 Recolección de datos

La recolección de datos es uno de los pasos más importantes debido a que se recopilan los requerimientos del cliente, el área de influencia del negocio, los servicios que soporta la red, zonas de cobertura y el número potencial de usuarios para la red inalámbrica. Además durante las reuniones con el cliente se reúne la mayor cantidad información posible sobre el estado de la red como son memorias técnicas, planos de la infraestructura y equipos existentes.

1.4.2 Inspección de las instalaciones

La inspección se divide en dos partes el análisis de la infraestructura física y la red de datos. La visita del sitio permite incrementar la información obtenida de los planos ya que en estos no se aprecia el tipo materiales que conforman la edificación, la existencia de fuentes potenciales de interferencia y elementos que degradan la señal. La tabla 2 muestra los niveles de degradación promedio que sufren las señales inalámbricas al enfrentarse a obstáculos de diferente (Martínez, 2013).

Tabla 2. Materiales y atenuación característica

Material	Nivel	Atenuación
vidrio	Bajo	2dB
Madera	Bajo	2dB
Yeso	Bajo	4dB
Ladrillo	Medio	6dB
Árboles, plantas	Medio	6dB
Bloque hormigón	Medio	5dB
Agua	Alto	7dBm
vidrio con contenido de plomo	Alto	8dB
Muro de cemento	Alto	10-12dB
Metal	Alto	12-15dBm

Nota: Valores promedio de atenuación señales inalámbricas Fuente: (Martínez, 2013), (Álvarez, 2013)

La inspección de la red de datos permite identificar si los equipos existentes soportan la adición de la red inalámbrica, si disponen de puertos libres, capacidad de

conmutación y distancias inferiores a 90m con los puntos tentativos para los AP (Chin, 2014, pág. 7).

1.4.3 Selección de equipos

Como paso posterior a la inspección de las instalaciones, la información recopilada es analizada para determinar el volumen y características técnicas de los equipos en busca de generar una solución que satisfaga los requerimientos del cliente, en esta fase se define las características que debe poseer el equipamiento para cubrir las necesidades del proyecto inalámbrico, el tipo de puntos de acceso, antenas, el radio sea este 2.4 o 5Ghz o equipos de banda dual en base a la carga de usuarios, según (Martínez, 2013) como premisa básica de diseño suele tomarse 50-60 usuarios máximos por radio al emplear equipos doble radio se incrementa el volumen de clientes por AP.

1.4.4 Diseño preliminar

El diseño preliminar de la red inalámbrica consiste en simular el ambiente de RF mediante software en el que se selecciona la ubicación de los puntos de acceso y se evalúan las características establecidas los mismos, el calificativo de preliminar se debe a que es una solución en proceso de depuración que puede ser alterada con la finalidad de satisfacer y superar las expectativas del cliente.

Para llevar a cabo la simulación de RF existen varias herramientas de software genéricas y licenciadas que permiten parametrizar los equipos existentes en el mercado local, estas herramientas trabajan con planos importados y esquemas disponibles de las instalaciones del cliente sobre las que se simula el entorno inalámbrico (Martínez, 2013).

A continuación se muestran algunos aplicativos empleados para realizar estudios predictivos de RF:

- Aerohive planner.
- Airmagnet Survey.
- Ekahau Site Survey planner.
- Wi-Fi designer Xirrus.

Existen dos diseños que destacan en la implementación de redes inalámbricas que son diseño por cobertura y diseño por capacidad, se selecciona uno de estos en base a los requerimientos de conectividad manifestados por el cliente.

Diseño por cobertura: el diseño por cobertura provee calidad de servicio basado en la intensidad de la señal busca cubrir con un punto de acceso la mayor área posible se configuran los AP para que transmitan a la potencia más alta permitida por los organismos de control y soportada por el hardware (Chin, 2014, pág. 3).

Diseño por capacidad: el objetivo es proveer un buen servicio inalámbrico a varios usuarios concurrentes, se emplea en escenarios con alta concentración de usuarios en un área reducida, por lo que se reduce el tamaño de la celda limitando la potencia de transmisión de los equipos inalámbricos que se ubican a distancias cortas en diferentes canales evitando interferencias. Este tipo de solución requiere un mayor número de equipos que el diseño de cobertura (Chin, 2014, pág. 4).

1.4.5 Diseño definitivo

Utilizando como base el diseño preliminar se ubican puntos de acceso similares o idénticos a los seleccionados para la red y se realiza una encuesta de sitio (site survey) de las instalaciones realizando mediciones del entorno de radio frecuencia del sitio (Martínez, 2013).

Utilizando herramientas especializadas se generan mapas de calor que muestran los niveles de intensidad de la señal (RSSI) percibida por el equipo de pruebas en cada una de las instalaciones de la unidad educativa (Martínez, 2013). Las herramientas de encuesta de sitio inalámbrica más utilizadas por la exactitud de sus resultados son:

- Ekahau Site survey.
- Acrylic WiFi heat maps.
- Tamograph site survey.
- Visiwave.

1.4.5.1 Encuesta inalámbrica de sitio (site survey)

Una encuesta de sitio de RF es la fase más importante en la implementación de redes inalámbricas, permite desarrollar una solución que brinde un excelente nivel de servicio, velocidades de transmisión y roaming entre puntos de acceso inalámbricos.

Se efectúa mediante un recorrido por las instalaciones haciendo uso de herramientas de medición generalmente software que recopila y analiza los datos de la señal inalámbrica durante el desplazamiento generando mapas de cobertura, ancho de banda y ruido con los resultados obtenidos.

La encuesta de sitio es un estudio que se realiza en las instalaciones para evaluar la propagación de RF única del sitio al interactuar con los obstáculos interferentes del área que afectan el desempeño de la red e identificar las mejores locaciones para la instalación de los puntos de acceso permanentes. Una encuesta de sitio también se emplea en la auditoría de redes inalámbricas existentes midiendo el nivel de presencia que brindan.

Existen dos tipos de site survey activo y pasivo.

Site survey activo: en este modo el cliente se asocia al AP durante el estudio ya que opera como cualquier dispositivo conectado a la infraestructura cambia la tasa de transmisión en base a condiciones de RF, retransmite tramas. Se emplea en nuevos despliegues y evaluar el alcance útil de la propagación inalámbrica. (Jackman, Swartz, & Head, 2014, págs. 413-414)

Site survey pasivo: en esa modalidad el cliente no se conecta al AP, recopila información de todas las redes inalámbricas circundantes. Es útil para encontrar AP rogue en la red y nuevos despliegues pero con cautela ya que en este modo el cliente solo censa las tramas beacon que difunde el AP, los beacon se envían a la velocidad más baja por lo que tienen mayor alcance y puede generar resultados errados. En nuevos despliegues se debe reducir la potencia de transmisión con respecto a la establecida para los equipos en producción. (Jackman, Swartz, & Head, 2014, págs. 409-411)

CAPÍTULO 2

FASE DE DISEÑO

En este capítulo se establecen los parámetros que debe cumplir la red inalámbrica en base a la recopilación de datos que permiten determinar el estado actual de la institución a nivel físico y lógico. El diseño de red se enfoca en cobertura ubicua en las instalaciones y la capacidad de la red para soportar el volumen de usuarios que demandan el servicio. Tomando en cuenta los requerimientos de conectividad se define la ubicación de los puntos de acceso inalámbricos que son avalados mediante predicciones de propagación efectuadas mediante software.

La red inalámbrica no pretende sustituir a la red LAN cableada el principal objetivo de la red inalámbrica es incrementar los medios de acceso actuales a los recursos de red y reforzar los mecanismos de aprendizaje al proporcionar acceso a la información en tiempo real dentro del campus.

2.1 Recolección de datos

El proceso de recolección de datos involucra un análisis minucioso de la unidad educativa con la finalidad de determinar el estado actual de la institución en varios aspectos que permiten identificar los requerimientos necesarios para la planificación de una red inalámbrica eficiente. Los parámetros tomados en cuenta en la recolección de datos se mencionan a continuación.

- Infraestructura física:
  - Bloques existentes.
  - Laboratorios.
  - Áreas verdes.
- Infraestructura de red
  - Elementos pasivos de red.
  - Elementos activos de red.
  - Topología.
- Servicios que ofrece la red.
- Usuarios de red
  - Alumnos.

- Planta docente.
- Personal administrativo.

- Análisis de interferencia en las bandas 2.4 y 5Ghz.

2.1.1 Infraestructura física

La Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman está ubicada en Cumbayá en el sector de San Patricio se establece sobre una extensión de 57249 m^2. La institución se encuentra conformada por 4 bloques, a cada bloque se le ha asignado una porción específica del alumnado y un bloque dedicado al área administrativa de esta manera la disposición de la infraestructura se encuentra como se detalla a continuación.

- Edificio Sección Básica 1.
- Edificio Sección Básica 2.
- Edificio Sección bachillerato.
- Edificio Administrativo.

A los bloques mencionados anteriormente se adicionan el coliseo, la piscina y el patio de comidas este último se encuentra en construcción por lo que no se tomara en cuenta para el estudio. La figura 3 muestra la organización geográfica de la institución.

En el plano de la institución se ha generado una numeración en base la relevancia de cada edificación y la utilidad que desempeña para facilitar su identificación, como se muestra en la tabla 3.

Infraestructura física de la U.E.S.C.S

Figura 3. Referencia numerada de bloques

Fuente: Ing. Oswaldo vera

Tabla 3. Identificación de edificios en mapa

Edificio	Identificación
Edificio Sección Básica 2	1
Edificio Sección bachillerato	2
Edificio Administrativo	3
Edificio Sección Básica 1	4
Piscina	5
Patio de comidas	6
Coliseo	7

Nota:asignación de etiqueta a los bloques de la U.E.S.C.S

El reconocimiento in situ de la infraestructura física del Cardenal Spellman permite incrementar los datos que ofrece el plano y corroborar la información obtenida como materiales de la edificación, nuevas adecuaciones y elementos que pueden degradar la señal inalámbrica.

El material predominante en la unidad educativa es el concreto, este material presenta una atenuación elevada equivalente a 12dBm ante el paso de ondas electromagnéticas, el uso de este material dificulta la libre propagación de la señal limitando severamente la cobertura en algunas zonas a medida que se incrementa la distancia con respecto al emisor debido a las pérdidas que se producen por la interacción con los obstáculos en el área. Por este motivo la planificación de la ubicación de los puntos de acceso inalámbricos, tipos de antenas y la potencia a la que irradian son factores preponderantes en la fase de diseño. A continuación se describen los bloques que conforman la institución educativa.

2.1.1.1 Edificio Sección Básica 2

El edificio sección básica 2 está formado por cuatro plantas, la estructura es elaborada en su totalidad de concreto con amplios ventanales en cada aula en dirección a los patios y al pasillo central que separa las aulas, los pisos en este edificio son uniformes y disponen de un área de 1257m^2 por planta, a su vez dispone de 34 espacios independientes entre aulas, laboratorios, pastoral, biblioteca y dependencias para gestión de la institución como rectorado, vicerrectorado, DOBE entre otras. En este edificio no existen cuartos dedicados para los equipos de

comunicaciones en su lugar se han adecuado pequeños espacios en aulas y laboratorios donde se ubican los racks.

2.1.1.2 Edificio sección bachillerato

El edificio de bachillerato está conformado por 3 plantas con estructura de concreto, alberga a los estudiantes de los últimos años a su vez los laboratorios especializados de física, química y biología. Este edificio posee amplios espacios abiertos con aulas alrededor lo que facilita la propagación de la señal inalámbrica

2.1.1.3 Edificio administrativo

Es la infraestructura de menor tamaño conformado por dos plantas con un área de 60 m2 con muros de concreto. El edificio está dedicado exclusivamente a la gestión de la institución con la agrupación de los departamentos administrativos y el área de sistemas, punto desde el cual se administra la red de datos del campus educativo.

2.1.1.4 Edificio sección básica 1

Edificio de básica 1 alberga los niveles más bajos de instrucción primero y segundo de básica, distribuidas en una sola planta con aulas en forma hexagonal el material empleado es concreto con ventanales amplios alrededor lo que facilita la difusión de la señal inalámbrica.

2.1.2 Infraestructura de red

En este apartado se describen los equipos de networking que constituyen la red de datos de la U.E.S.C.S así como los elementos pasivos empleados en la capa física que se utilizan para la interconexión de los equipos de red.

La red de datos existente en el Cardenal Spellman se ha desarrollado buscando solventar los requerimientos inmediatos de conectividad en aulas, laboratorios y aéreas administrativas a lo largo del campus. Como pilar básico de conectividad existe un punto de red por departamento administrativo y aula de clases, los laboratorios de computación disponen de un punto de red por máquina.

2.1.2.1 Elementos pasivos de red

Los elementos pasivos conforman los enlaces que interconectan los equipos de comunicaciones en una red de datos. La red pasiva del cardenal Spellman emplea cable de par trenzado de cobre y enlaces de fibra óptica:

- UTP (Unshield Twisted Pair) categoría 5e y categoría 6
- Fibra óptica OM2 multimodo.

Enlaces UTP

El cable UTP se utiliza en el cableado horizontal desde el cuarto de equipos a cada una de las estaciones de trabajo considerando la norma ANSI/EIA 568-B en los enlaces permanentes, la norma establece que la distancia máxima de un enlace permanente no debe superar los 90m para cables UTP como para cables STP, esta distancia se mide desde la terminación mecánica del cuarto de equipos hasta el área de trabajo (Cisco, 2003, pág. 14). Se ha instalado un switch por planta en cada bloque con el objeto de brindar el acceso a la red LAN cableada bajo normativas de cableado estructurado.

El cableado horizontal existente en la institución es una mezcla de dos categorías de cable, no existe estandarización en este aspecto, en la institución se encuentran aéreas con UTP categoría 5e hasta laboratorios con UTP categoría 6.

El cableado horizontal ha sido actualizado en ciertos tramos a UTP categoría 6 que soporta mayores velocidades de transmisión, esta actualización que debe ser exclusivamente para mejorar el desempeño de la red ha generado problemas ya que no se ha realizado la limpieza del cableado obsoleto tras la remodelación dejando extensiones de cable sin utilidad en los racks.

Enlaces de fibra óptica

La red pasiva de la U.E.S.C.S cuenta con enlaces de fibra óptica multimodo en el cableado de backbone en cada edificio y hacia el centro de la red ubicado en el edificio administrativo, lugar donde se origina el cableado y se encuentran los servidores de la institución. A su vez existe un enlace de fibra óptica hasta los laboratorios de computación que poseen su propio switch para el acceso de los maquinas.

La fibra óptica utilizada en la institución es OM2, este tipo de fibra permite cubrir distancias de hasta 550m utilizando el protocolo Gigabit Ethernet con niveles de atenuación de 3.5dB/Km en la ventana de 850nm.

2.1.2.2 Elementos activos de red

Los equipos activos de red son los encargados de procesar la información generada en cada uno de las estaciones de trabajo, administrar el uso del ancho de banda y regenerar la señal que atraviesa cada nodo a su vez se encargan encaminar cada uno de los paquetes hacia su destino sea este en la intranet o en dirección a redes externas.

En la red de datos del Cardenal Spellman se identifican dos generaciones de equipos, la familia de equipos 3COM presenta un periodo de vida superior a 8 años y los equipos HP y Mikrotik actualizados con tiempo de vida que no excede 2 años de uso La red datos de la U.E.S.C.S está conformada por switch capa 3 realizando tareas de enrutamiento y switch capa 2 empleados para el acceso de dispositivos a la red.

Edificio administrativo

En este edificio se encuentra el núcleo de la red LAN y el enlace hacia internet mediante un equipo de frontera FORTINET que recibe la conexión dedicada de 20Mbps de Netlife. El Fortigate 200D de Fortinet ha sido adquirido bajo el esquema de outsourcing por lo que la institución paga un valor mensual por el arrendamiento del equipo, la desventaja que presenta el Fortigate es que la administración la maneja Telconet el departamento de sistemas tiene permisos limitados.

Los equipos en este edificio no disponen de garantías de seguridad esta área de crucial importancia ha sido adecuada junto a las dependencias administrativas sin una puerta que impida el acceso, el rack es abierto no posee cerradura.

Edificio de Sección básica 2

En este edificio cada planta dispone de un switch de acceso de 24 puertos para abastecer a las aulas y oficinas administrativas de un punto de conexión, las plantas que poseen laboratorios de computación poseen un switch adicional de 48 puertos. A continuación se detallan los equipos activos de cada planta.

Tercera planta

- Switch HP 2530: soporte para aulas.
- Switch 3COM 4210: laboratorio de computación 2.

Segunda planta.

- Switch Hp 2530: soporte para aulas.
- Switch 3COM 4210: laboratorio de computación 1.

Primera planta.

- Switch Mikrotik CRS 125: soporte para aulas.

Planta baja.

- Switch HP 5120: soporte oficinas y biblioteca.
- Switch 4210: soporte pastoral.

Edificio de bachillerato

Para solventar los requerimientos de conectividad en las 3 plantas que conforman la sección de bachillerato se ha instalado un switch en cada piso estos conmutadores poseen enlaces de fibra que los enlazan con el edificio administrativo.

Segunda planta

- Switch 3COM 5500-EI: soporte para aulas.

Primera planta

- Switch 3COM 5500-EI: soporte para aulas.

Planta baja

- 3COM 4210: soporte para aulas.
- 3COM 2920: laboratorio de computación 1.

Edificio sección básica 1

En esta infraestructura se emplean dos equipos para proporcionar un punto de conexión a la red para aulas y los equipos de laboratorio, existe un enlace de fibra óptica entre los conmutadores y un enlace hacia el edificio administrativo.

- Switch 3COM 4500: soporte laboratorios.
- Switch HP 2530: Soporte aulas.

Tabla 4. Descripción quipos activos edificio educación básica 2 U.E.S.C.S

Equipo	Marca	características	Cantidad
Switch 5120	HP	Switch capa 2/3/4 48 puertos 10/100/1000, 4 puertos SFP GE Capacidad de conmutación 192Gbps Arquitectura Non-Blocking	1
Switch A5500	HP	Switch capa 2/3/4 24 puertos GE SFP, 8 puertos 10/100/1000	1
Switch 2530	HP	Switch capa 2 24 puertos 10/100/1000, 2 puertos SFP Capacidad de conmutación 136Gbps	3
Switch 2920	HP	switch capa 2/3 48 puertos 10/100/1000, 2 puertos SFP Capacidad de conmutación 176Gbps	1
Switch 5500-EI	3COM	24 puertos 10/100 4 puertos SFP GE	3
switch 4210	3COM	switch L2 48 puertos 10/100, 2 puertos SFP GE	4
Switch 4210	3COM	switch L2 28 puertos 10/100, 2 puertos SFP GE	
Switch 4500	3COM	Switch L2, L3 24 puertos 10/100, 2 puertos SFP GE	1
Fortigate 200D	Fortinet	Firewall, proxy, DNS ,VPN ,2 DMZ, 2 enlaces WAN	1
Switch CRS125	Mikrotik	Switch L2, L3 24 puertos 10/100/1000, 2 puertos SFP GE	1

Nota: inventario de equipos en producción en la U.E.S.C.S.

2.1.3 Topología de red actual

El resultado de la inspección de la red de datos a nivel física y configuración de equipos permite generar un mapa de la topología de red de la institución que difiere del esquema de red desactualizado que posee el departamento de sistemas. El mapa de red existente no evidencia la totalidad de equipos que se encuentran en producción y muestra equipos que ya han sido retirados como se muestra en la figura 4.

Diagrama físico de red U.E.S.C.S

Figura 4. Topología desactualizada sin la totalidad de los quipos en producción

Fuente: Ing. Oswaldo vera

La unidad Educativa salesiana Cardenal Spellman posee una topología en estrella, utiliza como concentrador central un switch 3COM 5500 del cual se derivan los enlaces de fibra hacia las diferentes edificaciones.

En la institución se utilizan un único rango de direcciones IPv4 172.16.1.0/24 para todos los host en la red de la institución. El tráfico en la red viaja sin ser segmentado, en cada estación de trabajo se asigna una dirección estática con el firewall fortinet como Gateway 172.16.1.1 con mascara de red 255.255.255.0.

La administración de la red es compleja debido a que todos los hosts pertenecen a la misma red sin diferenciar el tipo usuarios a los que sirve y la sensibilidad de los datos que transporta.

La red actual carece de enlaces redundantes que protejan a la red ante eventos inesperados como caída de enlace o deterioro del mismo, actualmente existe un solo enlace de fibra hacia cada planta. Se han presentado fallos en la red en los que se pierde conectividad en todo el piso e incluso en bloques completos por este motivo se debe implementar enlaces que permitan redirigir el tráfico por otra interfaz al presentarse un fallo.

El análisis de red permite actualizar la memoria técnica de la topología de la red de datos de la institución en la que se adicionan los equipos HP y Mikrotik inexistentes en el mapa de red proporcionado por el departamento de sistemas, a su vez se muestra el medio físico que se emplea en la interconexión de equipos como se muestra en la figura 5.

La figura 5 muestra una nomenclatura en los conmutadores que hacen referencia a la tabla 5 en la que se muestra el tipo de equipo y la dirección administrativa, como muestra la tabla solo los dispositivos 3COM cuentan con dirección IP para su administración remota.

Diagrama físico de red actualizado U.E.S.C.S

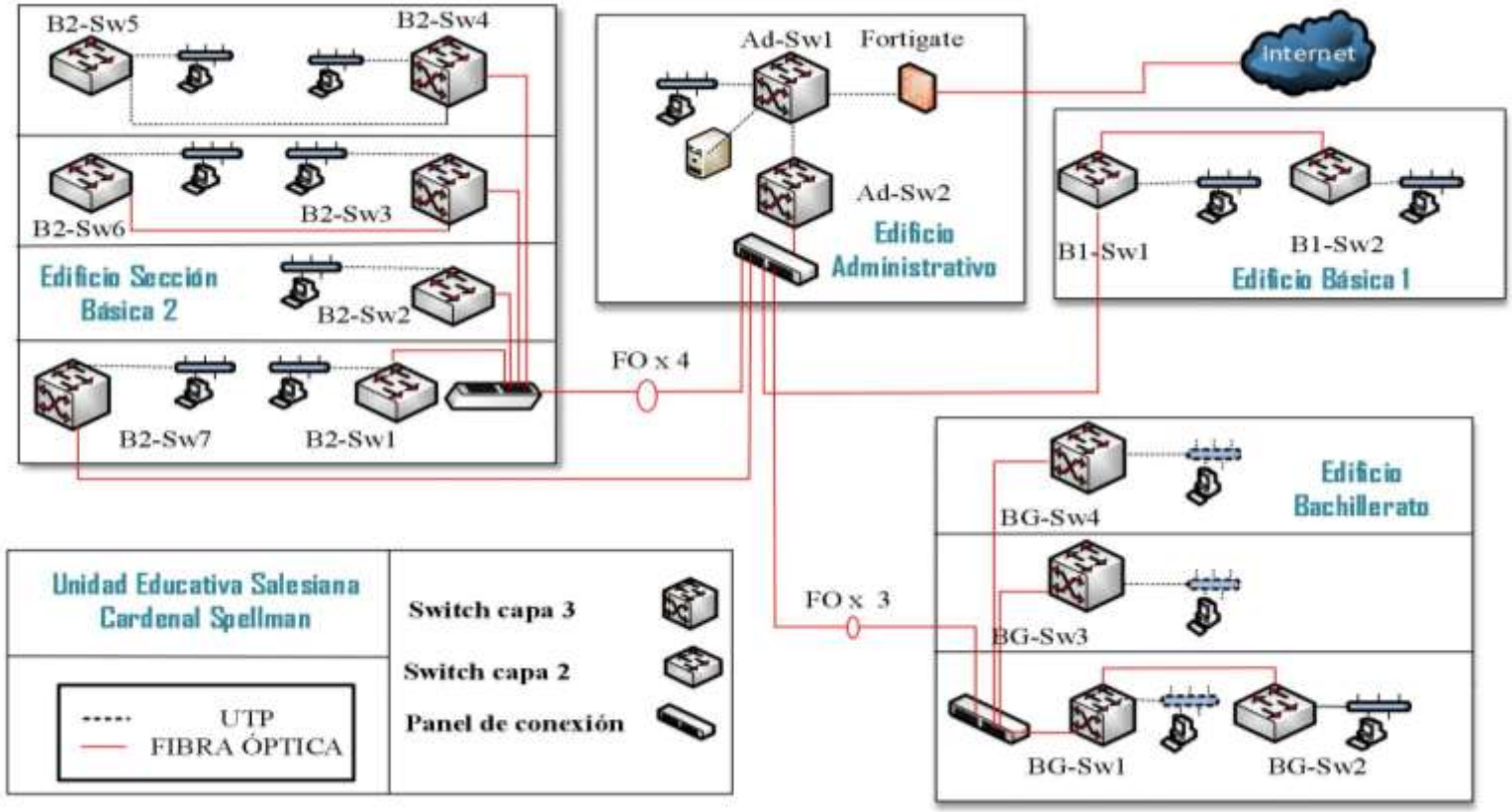


Figura 5. Distribución física de equipos activos en la red U.E.S.C.S.

Elaborado por: Alex Alvarez

Tabla 5. Equipos activos de red

Identificación	Dispositivo	IP
Forigate	Fortigate 200d	172.16.1.1
Ad-Sw1	3COM 5500-EI	172.16.1.3
Ad-Sw2	Hp A5500	N/A
B2-Sw1	HP 5120	N/A
B2-Sw2	HP 2530	N/A
B2-Sw3	Mikrotik CSR125	N/A
B2-Sw4	HP 2530	N/A
B2-Sw5	3COM 4210	172.16.1.5
B2-Sw6	3COM 4210	172.16.1.6
B2-Sw7	3COM 4210	172.16.1.10
BG-Sw4	3COM 5500-EI	172.16.1.4
BG-Sw3	3COM 5500-EI	172.16.1.7
BG-Sw2	3COM 4210	172.16.1.8
BG-Sw1	HP 2920	N/A
B1-Sw1	3COM 4500	172.16.1.9
B1-Sw2	HP 2530	N/A

Nota: direcciones administrativas de equipos activos.

2.1.4 Servicios que ofrece la red

Las funciones principales de la red de datos del Cardenal Spellman son el acceso a recursos de internet e intercomunicación de hosts en la intranet. La red inalámbrica diseñada es una red de servicios convergentes complementaria a la red LAN cableada, por lo que debe soportar la misma clase de tráfico que su par de hilos. La capacidad y la cobertura que ofrecen los puntos de acceso son primordiales para el desempeño de los servicios que se ofertan actualmente estos son:

Servicios Actuales

- Navegación web (http y https).
- DNS.
- Intercambio de archivos.
- Plataforma institucional esemtia.
- Correo institucional.
- Impresoras en red.

- SAFI (Sistema contable).

2.1.5 Segmento usuarios de red

La U.E.S.C.S debido al alto nivel académico y humano que ofrece cuenta con un elevado número de alumnos. A continuación se muestra la población que conforma la unidad educativa.

- Estudiantes: El universo de estudiantil suman un total de 1500 alumnos de los cuales 900 alumnos se encuentran cursando el ciclo de educación básica distribuidos entre los dos bloques la sección básica 1 y 2, los 600 estudiantes restantes pertenecen a la sección de bachillerato.
- Docentes: La planta docente está conformada por 110 profesores capacitados en diferentes aéreas.
- Personal administrativo: 30 personas manejan las diversas áreas administrativas de la institución

Considerando la alta tasa de usuarios con la finalidad de satisfacer la demanda de conexión a cada uno de los estudiantes y cuerpo docente se ha optado por limitar el acceso a la red inalámbrica a un solo dispositivo por usuario mediante una clave única por usuario que es soportada por un dispositivo a la vez, si un usuario desea conectarse desde un dispositivo diferente debe terminar la sesión previamente iniciada.

2.1.6 Análisis de interferencias

El análisis de interferencias consiste en la detección de dispositivos que operan en los rangos de frecuencia de 2.4 y 5GHz, los puntos de acceso clasifican la energía que perciben en el ambiente en base a la fuente que los genera de esta manera señales que se catalogan como interferencias Wi-Fi y ruido.

La Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman se ubica en un sector privilegiado en lo que se refiere a fuentes de interferencia ya que no existen sobrepoblación estructural en las inmediaciones a la institución por lo que se dispone del espectro radioeléctrico despejado en las bandas ISM y UNII.

2.2 Falencias de la red actual

Durante la inspección física y el análisis efectuado en la red de datos del Cardenal Spellman se recopilaron los puntos débiles que presenta la infraestructura de red, las falencias han sido divididas en físicas y lógicas a continuación se detallan las anomalías y los problemas que estas conllevan.

2.2.1 Falencias de red físicas

Las falencias físicas se definen como problemas relacionados con el hardware de los equipos de telecomunicaciones, el cableado y diseño estructural de la institución que dificultan o degradan las características de la red.

Conversores medios de fibra a cobre

En la red del Cardenal Spellman se hace uso de conversores de medio de fibra óptica a cobre, estos conversores de haces de luz a impulsos eléctricos operan a velocidades 10/100 Mbps el paso por el conversor disminuye el rendimiento de la red ya que el cable UTP y la fibra se conectan a interfaces Gigabit Ethernet. El uso de estos conversores de medio es innecesario ya que los equipos a los que sirven disponen de módulos SFP para fibra óptica disponibles que permiten la conexión directa de la fibra óptica. A continuación se describe los puntos que emplean conversores de fibra óptica a UTP

- Edificio administrativo, switch 3COM 5500-EI
- Básica 2 planta 1, switch HP 3125
- Bachillerato planta 2, switch HP 3125

Documentación de red

El esquema de red en la institución se vuelve complejo de gestionar y modificar debido a la carencia de documentación técnica de la red, el departamento de sistemas de la institución no conoce claramente la topología de la red a esto se suma la inexistencia de etiquetado en las interfaces físicas ni comentarios en la configuración de estas interfaces en los equipos, las áreas de trabajo carecen de etiquetas imposibilitando su identificación lo que dificulta la implementación de un esquema de VLAN por asignación de puertos.

Seguridad

El edificio administrativo núcleo de la red de la institución carece de instalaciones adecuadas para los equipos de comunicaciones ya que el área empleada para la ubicación del rack principal no posee puertas que restrinjan su acceso a personas no autorizadas a su vez el rack es abierto sin cerradura, esta falencia compromete la integridad de la red. Se han presentado eventos en el que por falta de cuidado se han desconectado cables.

2.2.2 Falencias de red lógicas

Son los problemas detectados en la red del cardenal Spellman que se pueden solucionar mediante configuración de los equipos de networking, instalación de servicios o actualización de firmware de los equipos.

Direccionamiento estático

A nivel lógico el primer problema que resalta es el esquema de direccionamiento IP utilizado. La asignación de direcciones en toda la red se realiza manualmente no existe un servidor DHCP que proporcione los parámetros de configuración de red esto dificulta la administración de la red y obliga al personal del departamento de sistemas a movilizarse a las diferentes áreas ante cualquier cambio en el direccionamiento o agregación de estaciones de trabajo.

Red plana sin segmentación

El cardenal Spellman dispone de una red extensa sin divisiones ni categorización de usuarios, todas las máquinas de la institución se encuentran en el mismo rango de direcciones IP sin importar el área a la que presta servicio, es común encontrar equipos en biblioteca para estudiantes y equipos en las áreas de gestión institucional utilizando direcciones continuas. Este tipo de esquema de direccionamiento genera problemas de seguridad ya que los datos generados por estudiantes, docentes y personal administrativo viajan por la única red existente sin realizar un proceso de segregación de información en base a la jerarquía y sensibilidad de los datos que maneja cada segmento de usuarios.

Administración y seguridad

El cardenal Spellman para brindar conectividad a lo largo de la institución hace uso de 15 equipos activos de red de los cuales solo 8 pueden ser administrados remotamente es decir cuentan con dirección IP y acceso mediante telnet, a su vez solo los equipos administrables han sido configurados con claves para restringir el acceso a la consola de configuración y acceso remoto.

Tabla 6. Diagnostico de red y grado de afectación de la red

Problema	Descripción	Solución	Relevancia
Conversor de medios	Disminución de prestaciones de la red	Conexión directa de la fibra a los equipos mediante módulos SFP	Alto
Equipos	Velocidad de transferencia 100 Mbps	Renovar equipos que operan con velocidades de transferencia 10/100	Medio
Direccionamiento estático	Administración compleja	Implementar servidor DHCP	Medio
Red plana	Bloque extenso de direcciones	Segmentar la red mediante VLAN	Alto
Seguridad	Equipos sin contraseña ni dirección para administración	Configurar claves para acceso por consola, telnet y desactivar la interfaz web	Alto

Nota: descripción de problemas detectados en la red de datos y las medidas correctivas a aplicar.

2.3 Requerimientos de la red

En base al análisis de la red se desprenden una serie de puntos que permiten optimizar la red de datos y las bases necesarias para la implementación exitosa de la red inalámbrica.

2.3.1 Conectividad inalámbrica

La red de datos del cardenal Spellman debe ser modificada a nivel lógico y físico para cumplir con los requisitos para el correcto desempeño de la red libre de cables, las actualizaciones que necesita la red se detallan a continuación:

- VLAN: definir subredes basadas en VLAN que se asocian a un SSID especifico

- Puntos de acceso: identificar los equipos necesarios para satisfacer las necesidades de cobertura y capacidad de usuarios en la institución.
- Selección de ubicaciones: descripción de las locaciones de instalación de los puntos de acceso tanto internos como antenas externas.

2.3.2 Controladora de LAN inalámbrica

La controladora de red inalámbrica es un equipo que centraliza la configuración, control y actualización de los puntos de acceso que conforman la red ya que las configuraciones realizadas en la controladora se difunden a todos los puntos de acceso. La controladora inalámbrica puede ser implementada en base a hardware dedicado o software dependiendo del fabricante.

2.3.3 Firewall Pfsense

Reemplazar el Firewall Fortigate 200D en outsourcing ya que este equipo impide realizar modificaciones a la red por el limitado nivel de acceso a la configuración del dispositivo otorgado por Telconet. La solución de PFsense asume el rol del equipo fortinet con el control total para realizar modificaciones.

2.3.4 Red LAN cableada

La red de la institución puede ser optimizada para prestar un mejor servicio incrementando su tasa de transmisión y la confiablidad de los enlaces.

- Estandarizar los equipos activos de red a switch con interfaces que soporten velocidades Gigabit Ethernet
- Para un mejor desempeño en el core de la red se deben emplear los switch HP A5500 y 5120 con arquitectura non-blocking que permite al equipo soportar a todos los puertos trabajando a su máxima capacidad.
- Retirar el cableado obsoleto: eliminar el cable restante tras la modificación.
- Generación de puntos de red: En base a los criterios de diseño instalar puntos de red para soportar la red inalámbrica
- Reestructurar el direccionamiento: división de la red de datos en subredes en base a grupos usuarios

- Conversores de fibra a cobre: eliminar la transición de medio mediante la conexión directa de la fibra a los equipos utilizando los puertos que soportan módulos SFP para fibra óptica

2.4 Características técnicas equipos inalámbricos

En este punto no se menciona ni selecciona un fabricante en especial, ya que se describen los detalles técnicos que deben poseer los puntos de acceso que conforman la red. En el próximo capítulo tras determinar la cantidad de puntos de acceso requeridos se seleccionara un fabricante tomando en cuenta la relación costo-beneficio que ofrece cada marca.

- IEEE 802.11ac: tecnología en proliferación que ofrece anchos de banda superiores a estándares predecesores,
- Compatibilidad 802.11a,b,g,n: compatibilidad con estándares predecesores
- Radio dual: operar en las bandas de 2.4 y 5 GHz simultáneamente.
- Múltiples SSID: soportar al menos 6 SSID.
- Seguridad: soporte estándar 802.1x.
- Tres flujos espaciales (3SS): incrementa las tasas de transferencia.
- Fuente de alimentación: suministro eléctrico o 802.3af (PoE).
- Usuarios concurrentes: superior a 100.
- Configuración de antenas: equipos indoor 3Tx y 3Rx, equipos outdoor 2Tx y 2Rx MIMO.
- 802.11r: 11r Fast Basic Service Set Transition optimiza el proceso de liberación y asociación de clientes.

2.5 Criterios de diseño de red WLAN

El diseño de red inalámbrica que se presenta está enfocado en cubrir los requerimientos de conectividad en las instalaciones de la institución expandiendo el acceso a los servicios que proporciona la red cableada con la adición de movilidad por lo que la red libre de cables debe garantizar la fidelidad en transmisión y recepción de información superando problemas ocasionados por perdidas en el medio o zonas fuera de cobertura.

La U.E.S.C.S se encuentra mejorando sus procesos educativos por lo que ha implementado una serie de servicios alojados en la nube tanto para enseñanza como para registro, control de calificaciones y asistencia, estos servicios requieren el acceso ininterrumpido a internet por lo que la institución necesita un entorno inalámbrico ubicuo en el que personal docente, administrativo y estudiantes accedan al portal institucional. El diseño de red para satisfacer los requerimientos conectividad considera dos metodologías de diseño por capacidad y cobertura unificando los pilares de cada uno de estos esquemas diseños.

Una red diseñada por cobertura busca con la menor cantidad de puntos de acceso cubrir la mayor área posible sacrificando la velocidad de transmisión debido a que la intensidad de la señal pierde potencia con el aumento de distancia.

El diseño de red por capacidad concentra varios puntos de acceso en un área reducida mediante la disminución del tamaño de la celda de cada punto de acceso, al utilizar potencias de transmisión bajas en cada radio.

La red del cardenal Spellman unifica los diseños descritos buscando un equilibrio entre capacidad y cobertura lo que conlleva a una red final mucho más estable y confiable. El diseño de red inalámbrica se enfoca en 6 puntos que garantizan la conectividad inalámbrica en las instalaciones de la institución.

- Cobertura: la señal inalámbrica debe tener un alto nivel de presencia para ser capaz de cubrir las zonas de interés con una RSSI superior a -70dBm.
- Capacidad: los AP debe soporta un pico máximo de 100 usuarios.
- Itinerancia: Solapamiento entre celdas del 10% que permiten al cliente cambiar de punto de acceso según se desplaza sin perder la conexión.
- Seguridad: El acceso a la red inalámbrica se realiza mediante la validación de un usuario y contraseña que son verificados por un servidor RADIUS mediante el uso de un portal cautivo.
- Escalabilidad: la red inalámbrica puede expandirse en base a la demanda de usuarios con gran facilidad a la par del crecimiento de la institución.

Estos puntos son necesarios para cubrir los requerimientos provistos departamento de sistemas que se convierte en el ente regulador y supervisor del proyecto inalámbrico.

2.6 Diseño preliminar

El diseño preliminar permite generar un panorama de los equipos necesarios y las ubicaciones tentativas que pueden ocupar los equipos para cubrir las zonas de interés, esta etapa se realiza sin la necesidad de desplegar puntos de acceso según la metodología detallada en capítulo 1, se utilizan herramientas de simulación que mediante parámetros configurables como atenuación según el tipo de ambiente, materiales, dimensiones, potencia de transmisión, ubicación y altura de los puntos de acceso generan escenarios de RF muy cercanos al ambiente real. Estos simuladores producen patrones predictivos de radiación según algoritmos de propagación que permiten examinar el comportamiento de puntos de acceso previo a la inserción en la infraestructura.

2.6.1 Aerohive Planner herramienta de simulación

En este proyecto se hace uso de la herramienta de planificación de redes inalámbricas Aerohive Planner para simular el entorno del Cardenal Spellman e identificar los puntos más adecuados para la instalación de los equipos inalámbricos.

Existen aplicativos similares a Aerohive planner como la solución de Fluke networks Airmagment survey que es una suit con la mismas características que posee Aerohive con la diferencia que Airmagment es software licenciado y su versión de prueba solo permite observar demostraciones previamente cargadas para conocer el funcionamiento del software, no permite realizar nuevos diseños.

2.6.2 Características y funcionamiento de Aerohive planner

Aerohive planner es una potente herramienta para el diseño, planificación y optimización de redes inalámbricas, que permite representar la degradación de la señal a medida que pasa a través de espacios abiertos, obstáculos del medio y genera un mapa de cobertura predictiva. El simulador de Aerohive presenta dos métodos para agregar el área de estudio el primero mediante el uso de google maps y el segundo con la importación de la imagen de un plano.

En este proyecto se emplea la importación de planos debido a que los mapas que se encuentran disponibles para Ecuador por parte de google maps no poseen muchos

detalles lo que dificulta realizar la simulación y al ser una infraestructura de varias plantas la vista aérea no resulta útil.

Para obtener resultados precisos los planos deben ser modificados para que el software pueda interpretarlos ya que Aerohive planner lo toma como una imagen plana, es decir no reconoce el diseño de la edificación, si se ubica un punto de acceso en este punto la propagación resultante es una circunferencia equivalente a un radiador isotrópico ya que el simulador no encuentra fuentes que degraden la señal.

El tratamiento que se le da al plano consiste en delimitar los bordes de la construcción y redibujar las paredes interiores, el simulador permite seleccionar el tipo de material de cada pared con su atenuación característica el nivel de exactitud de la predicción de radio frecuencia es dependiente de los datos insertados en el simulador, la figura 6 muestra el proceso de adecuación del plano.

Elaboración de muros y selección de materiales

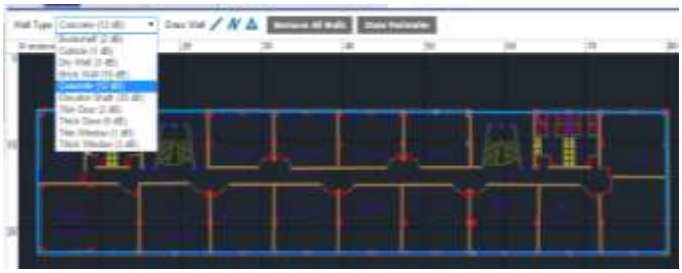


Figura 6. Delimitación de muros y selección de materiales

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

Para la simulación de cobertura de la red inalámbrica de la unidad educativa cardenal Spellman se hace uso del AP 802.11ac 3x3:2, este AP posee 6 antenas, de las cuales 3 son utilizadas para transmisión y las 3 restantes se emplean para recepción, el punto de acceso funciona con 3 flujos de datos espaciales para mejorar las tasas de transmisión y banda dual lo que permite que operen en las bandas de 2.4 y 5Ghz simultáneamente concentrando mayor cantidad de usuarios.

Utilizando el planificador de redes se ubican puntos de acceso en cada vista de los edificios para generar mapas predictivos de propagación de RF en base a las interacciones con los obstáculos definidos en el área. La simulación permite identificar las locaciones que ofrecen las mejores garantías de propagación y planificar la reutilización de frecuencias para impedir que se genere interferencia.

2.6.3 Resultados de la simulación

En cada uno de los bloques se realiza el estudio de propagación predictivo según el procedimiento descrito en el punto anterior con la ayuda de los planos elaborados en AutoCAD proporcionados por el Ing. Oswaldo Vera.

En varias vistas se observa zonas aparentemente sin cobertura esto se debe a que el diseño de red está planificado para brindar alta tasa de disponibilidad, la potencia mínima aceptable debe ser igual -70dBm, las zonas que se muestran fuera de cobertura no cumplen con los niveles mínimos de intensidad que demanda el diseño esto quiere decir que cuentan con cobertura pero con niveles potencia inferiores al establecido.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del simulador en cada uno de los edificios de la institución, la escala de medición se establece desde -35 dBm como máximo y -70dBm como límite inferior. Se considera el uso de canales adyacentes para no crear interferencia co-canal en la banda de 2.4Ghz y 5Ghz. Los puntos de acceso emiten a una potencia de 15 dBm en 2.4GHz y 17dBm en la banda de 5GHz.

2.6.3.1 Edificio sección básica 2

Básica 2 Tercera planta

En este piso se ubican dos puntos de acceso en el pasillo central. La figura 7 muestra la propagación de la señal inalámbrica generada en la tercera planta del edificio de educación básica 2.

Simulación entorno de RF predictivo

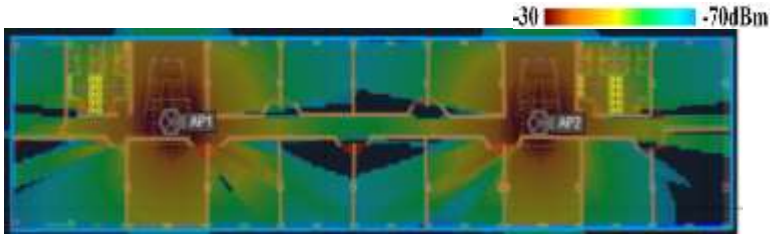


Figura 7. Patrón radiación tercera planta básica 2

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

Básica 2 Segunda planta

La segunda planta es una réplica del tercer piso se emplean dos puntos de acceso en posiciones diferentes a las del piso superior. La figura 8 muestra la propagación de la señal en la segunda planta del edificio de educación básica 2.

Simulación entorno de RF predictivo

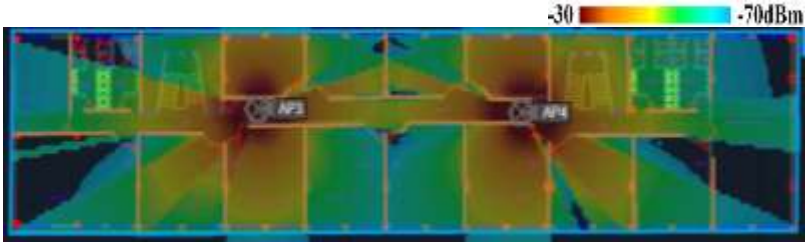


Figura 8. Patrón radiación segunda planta básica 2

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

Básica 2 primera planta

En este piso se emulan las posiciones empleadas en la tercera planta. El patrón de radiación de la primera planta del edificio de educación se muestra en la figura 9.

Simulación entorno de RF predictivo

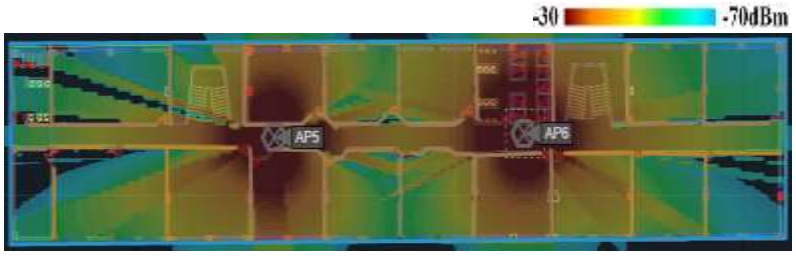


Figura 9. Patrón radiación primera planta básica 2

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

Básica 2 planta baja

La planta baja del edificio de educación básica es la única que difiere de las plantas superiores ya que dispone de espacios más amplios a un solo lado de la infraestructura. La figura 10 muestra la predicción de RF en la planta baja.

Simulación entorno de RF predictivo

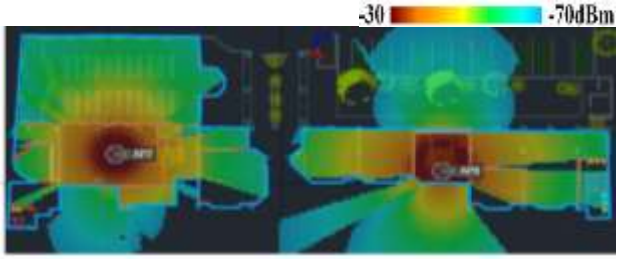


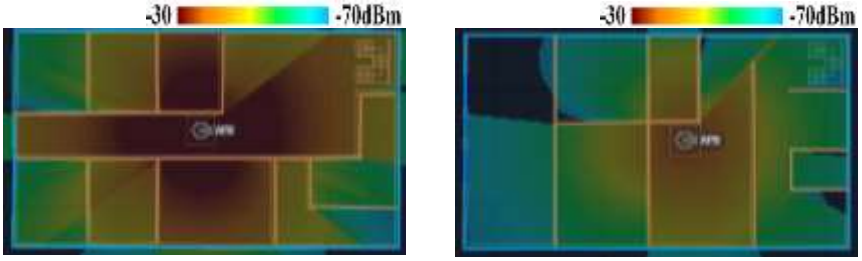
Figura 10. Patrón radiación planta baja

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

2.6.3.2 Edifico administrativo

La simulación del medio de radio frecuencia en este edificio se realiza con un punto de acceso considerando las dimensiones del edificio y la cantidad de usuarios a la que se destina este equipo. La figura 11 muestra la propagación en los 2 pisos del punto de acceso

Simulación entorno de RF predictivo



a) b)

Figura 11. Patrón radiación edificio administrativo planta a) alta, b) baja

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

2.6.3.3 Edificio sección Bachillerato

El edificio de bachillerato está conformado por tres pisos, la ventaja de esta edificación es que dispone de grandes espacios abiertos sin obstrucciones en cada planta facilitando la propagación de la señal. A continuación se muestran los patrones de radiación obtenidos en este bloque.

Bachillerato segunda planta

La segunda planta del edificio de bachillerato posee dimensiones inferiores con relación a los otros pisos que conforman el edificio por lo que se solventa la cobertura con un equipo inalámbrico. La figura 12 muestra la propagación en el piso.

Simulación entorno de RF predictivo

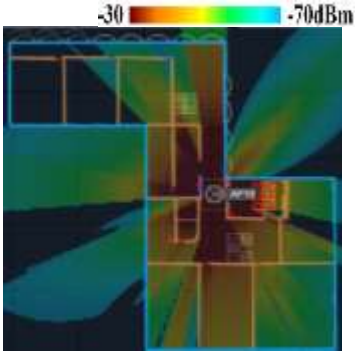


Figura 12. Patrón radiación segunda planta bachillerato

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

Bachillerato primera planta

La cobertura inalámbrica de la primera planta del edificio de bachillerato es cubierta con dos puntos de acceso por la densidad de usuarios en el área. La figura 13 muestra la ubicación y radiación de los equipos en esta planta.

Simulación entorno de RF predictivo

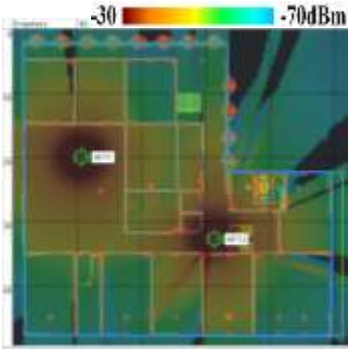


Figura 13.Patrón radiación primera planta bachillerato

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

Bachillerato planta baja

En esta planta se emplean dos puntos de acceso por la arquitectura del edificio y por contener a la cafetería espacio de reunión masiva que será el principal generador de carga. La figura 14 muestra la radiación de los equipos en esta planta

Simulación entorno de RF predictivo

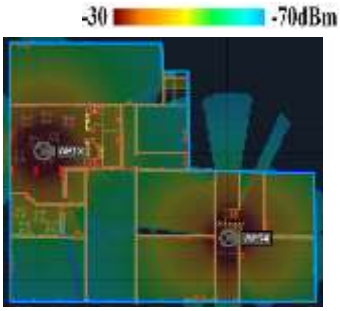


Figura 14. Patrón radiación planta baja bachillerato

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

2.6.3.4 Edificio sección básica 1

Las instalaciones de esta infraestructura se establecen en una sola planta con aulas en forma de hexágonos, en esta área se emplean dos puntos de acceso para interiores. La figura 15 muestra la radiación de los AP necesarios para garantizar conectividad inalámbrica.

Simulación entorno de RF predictivo Patrón radiación básica 1

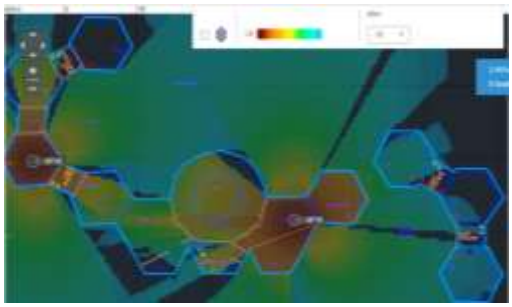


Figura 15. Patrón radiación básica 1

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

2.6.3.5 Cuadro de resultados

En base a los patrones de radiación obtenidos se evalúan las dimensiones de las áreas que no cumplen con el nivel mínimo establecido de presencia de la señal de -70 dBm en cada edificio y se establece el porcentaje de cobertura por edificación, como muestra la tabla 7 con 16 puntos de acceso se cubre casi la totalidad de las instalaciones con potencia de la señal dentro de los valores establecidos.

Tabla 7. Porcentaje de cobertura inalámbrica obtenida por simulación

Edificio	Número de AP	RSSI MIN	RSSI MAX	Cobertura %
Sección básica 2	8	-70 dBm	-35 dBm	95
Sección bachillerato	5	-70 dBm	-35 dBm	99
Sección básica 1	2	-70 dBm	-35 dBm	95
Administración	1	-70 dBm	-35 dBm	99

Nota: porcentaje de cobertura predictivo empleando Aerohive planner

2.6.4 Itinerancia

El diseño contempla solapamiento de celdas para permitir itinerancia en la red, es decir que los dispositivos del cliente al percibir un decremento significativo en el nivel de potencia de la señal y estar dentro del área de cobertura de segundo AP se asocien automáticamente a este nuevo punto de acceso el proceso es totalmente transparente para el usuario.

Se establecen niveles de solapamiento entre los patrones de radiación igual o superior al 10% de la celda para permitir el cambio de estación base a su vez los clientes perciben la señal de mínimo 2 puntos de acceso en todas las instalaciones.

2.6.5 Selección de canales

La red inalámbrica propuesta operara con puntos de acceso doble radio en las frecuencias de 2.4 y 5GHz. La asignación de canales es planteada para las dos bandas optimizando el uso de canales mediante la reutilización de frecuencias en puntos de acceso no adyacentes para reducir al máximo la posibilidad de interferencia entre los APs principalmente en la banda de 2.4Ghz que dispone de 3 canales no solapados.

La Unidad Educativa Cardenal Spellman dispone de una gran ventaja para la selección de canales para el funcionamiento de la red inalámbrica por su privilegiada ubicación geográfica, debido a que en sus alrededores no existen fuentes que generen interferencia en las bandas utilizadas en conectividad inalámbrica.

La figura 16 muestra la propagación de la señal inalámbrica identificando el canal que ha sido asignado a cada punto de acceso en básica en la banda de 5Ghz, aunque los radios de cobertura se solapan al funcionar en frecuencias distintas alejadas una de la otra no se genera interferencia.

Solapamiento de celdas

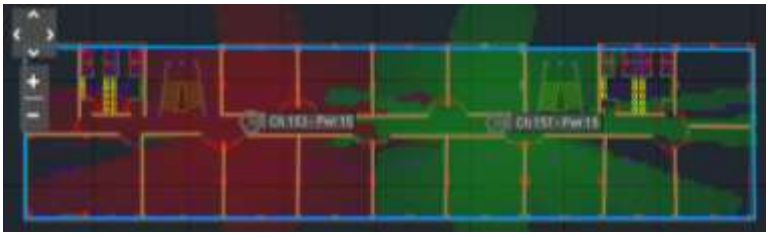


Figura 16. Coexistencia de canales adyacentes en tercera planta básica

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Aerohive planner

La asignación de canales para la operación de cada punto de acceso inalámbrico en la red se hace en referencia a la tabla 8. La banda de 2.4 GHz utilizan los tres canales no solapados disponibles 1, 6 y 11 en la banda de 5 GHz se emplean los canales 149-153, 157-161 de 40MHz.

Tabla 8. Asignación de canales bandas 2.4 y 5Ghz

	Frecuencia de operación						
Equipo	2.4Ghz			5Ghz			Ubicación
	Canal	Potencia	AB	Canal	Potencia	AB	
AP1	6	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP2	1	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP3	11	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP4	6	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP5	1	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP6	11	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP7	1	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP8	6	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Básica 2
AP9	6	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Admin
AP10	1	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Bachillerato
AP11	11	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Bachillerato
AP12	6	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Bachillerato
AP13	1	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Bachillerato
AP14	11	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Bachillerato
AP15	1	15 dBm	20Mhz	149-153	18 dBm	40Mhz	Básica 1
AP16	6	15 dBm	20Mhz	157-161	18 dBm	40Mhz	Básica 1

Nota: distribución de canales no solapados en las bandas de 2.4 y 5 GHz

2.6.6 Topología inalámbrica

Se emplean las ubicaciones establecidas para los puntos de acceso y se realizan mediciones hasta el conmutador que enlaza cada punto de acceso a la red LAN en cada planta. La figura 17 muestra la topología física de la red inalámbrica y el switch mediante el cual se enlaza cada punto de acceso a la infraestructura. La gráfica contiene únicamente a los conmutadores que intervienen en la red inalámbrica

Diagrama de conexiones de red inalámbrica

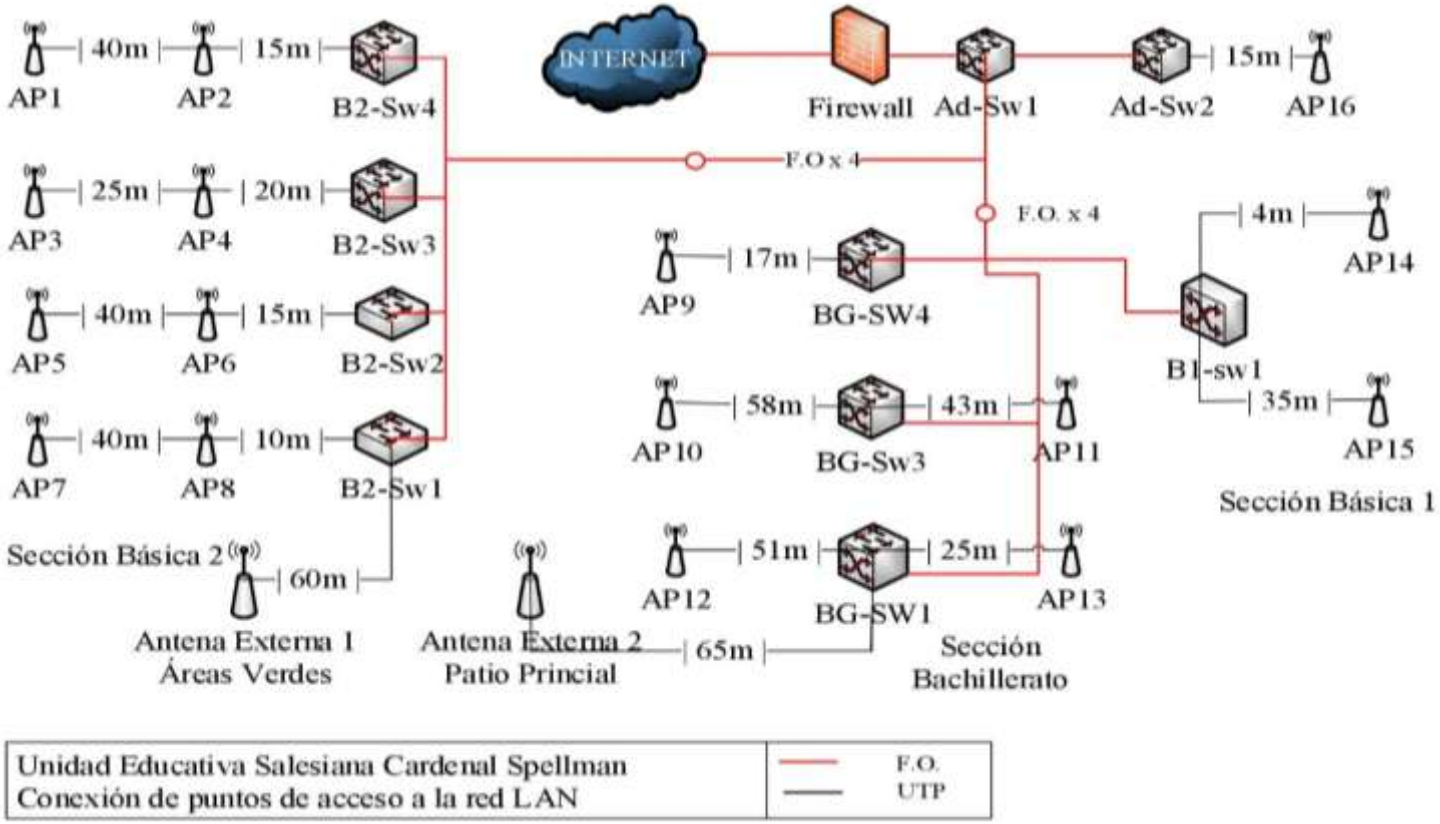


Figura 17. Topología física de red inalámbrica y distancias al cuarto de equipos

Elaborado por: Alex Alvarez

CAPÍTULO 3

EVALUACIÓN Y PRUEBAS DE LA RED INALÁMBRICA

En este capítulo se evalúa los datos recopilados en el diseño preliminar y se analizan posibles correcciones para su posterior validación en base a un estudio de campo que se realiza en todas las zonas de interés recuperando datos de la señal inalámbrica que permite identificar fuentes de interferencia, obstáculos que degradan la señal y áreas fuera de cobertura.

3.1 Evaluación de diseño

La metodóloga de diseño empleada en el proyecto de red inalámbrica del Cardenal Spellman con objeto de validar el diseño preliminar efectuado mediante software establece una etapa de pruebas del ambiente de RF mediante un site survey. En esta fase se corrigen las falencias que puede presentar el diseño preliminar ya que al ser resultados generados mediante simuladores deben ser corroborados debido a que los datos proporcionados al sistema durante la elaboración la simulación pueden no ser lo suficientemente exactos para generar mapas de cobertura.

Durante la fase de pruebas se emplean las locaciones definidas en el diseño preliminar para instalar puntos de acceso temporales en el área. Los resultados que arroja un estudio in situ como site survey presentan un mayor grado de exactitud que simulaciones predictivas, mediante software especializado se recaban datos que muestran el estado del medio, la propagación de radiofrecuencia de la señal inalámbrica que permiten generar mapas de calor de la cobertura de la red de pruebas e identificar puntos débiles de que deben ser reforzados.

Si los mapas de cobertura muestran zonas de interés sin cobertura inalámbrica o por debajo del umbral establecido se debe modificar la posición de los puntos de acceso y realizar un nuevo site survey del área, si durante esta segunda evaluación no se corrigen las falencias de señal, se debe incrementar la cantidad de puntos de acceso con la finalidad de reforzar la cobertura de la red. La figura 18 muestra los pasos necesarios para desarrollar el site survey.

Diagrama de flujo site survey

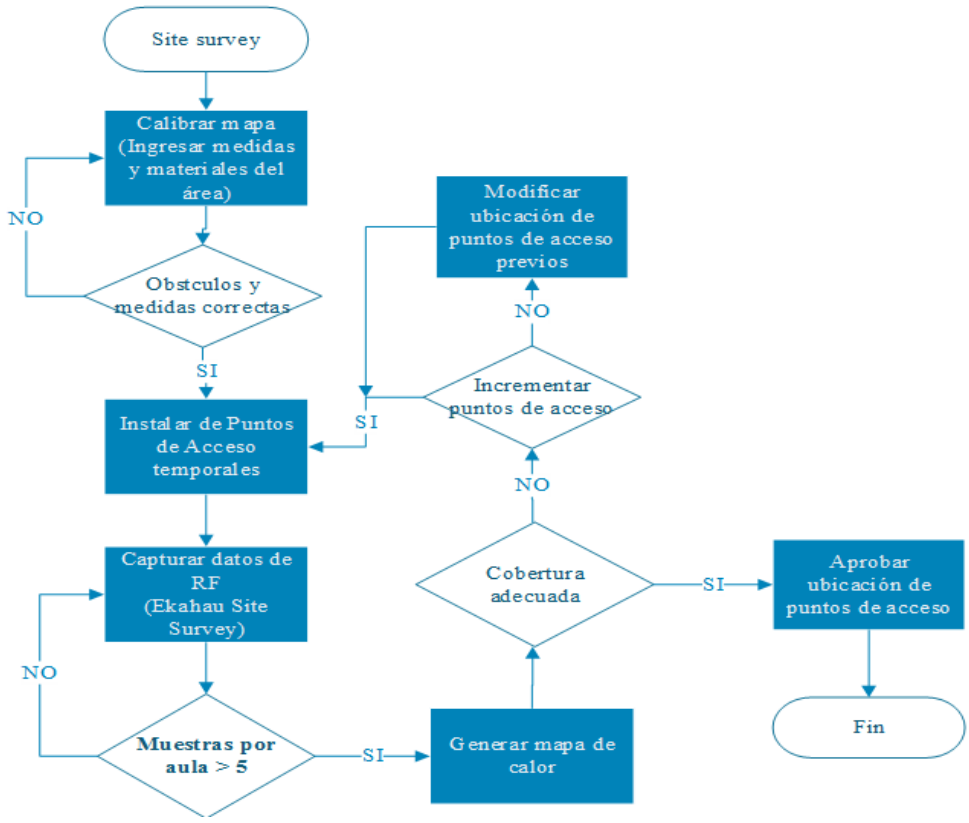


Figura 18. Proceso para la generación de mapas de calor en la U.E.S.C.S.

Elaborado por: Alex Alvarez

3.1.1 Site survey software empleado

El software seleccionado para la encuesta de sitio inalámbrico site survey es Ekahau Site Survey (ESS) en su versión de pruebas, ESS es una poderosa herramienta que se emplea para el diseño, validación, y optimización de redes inalámbricas permite planificar y desplegar redes inalámbricas garantizando alta disponibilidad, rendimiento y fiabilidad en las transmisiones.

Realizar un estudio de sitio inalámbrico previo al despliegue del equipamiento permite identificar si los equipos estimados son suficientes y poseen las características necesarias para cubrir los requerimientos de cobertura y soporte para el creciente volumen de usuarios en la institución. Un site survey no requiere que se disponga de la totalidad de los equipos para el proyecto ya que se realiza por etapas con la cantidad de equipos mínima para abastecer una planta en este caso en cada

planta de la institución se ha proyectado el uso de dos puntos de acceso. Al terminar la evaluación de las condiciones de radiofrecuencia en una planta se trasladan los equipos hacia la siguiente área y se repite el proceso esto reduce el uso de equipos en esta fase.

3.1.2 Equipos

La eficacia de un estudio de sitio es dependiente de las características de los equipos empleados de preferencia deben poseer las características estipuladas en el diseño o a su defecto equipos con características similares o cercanas.

El estudio de sitio requiere dos componentes de hardware irremplazables para el correcto desenvolvimiento del site survey estos son:

- Puntos de acceso inalámbricos: encargados de difundir la señal en el área.
- Computador portátil con NIC inalámbrica y software ESS: Captura de datos

Puntos de Acceso indoor

Durante el estudio en el interior de las edificaciones del cardenal Spellman se utilizan equipos con características similares a los definidos para la red, se emplean puntos de acceso indoor Xirrus 630. Este equipo funciona con tres flujos de datos espaciales y la disposición de antenas es igual a la estipulada en el diseño 3x3 MIMO y emiten con potencia de transmisión que oscila desde 5 a 28 dBi con ganancia de 5 dBi en sus antenas. El anexo 2 muestra la hoja de datos del equipo Xirrus

Puntos de acceso outdoor

Los puntos de acceso outdoor con antenas direccionales son utilizados para cubrir los espacios abiertos de la institución entre ellos áreas verdes, canchas de futbol, baloncesto, tenis y patios de recreación. Durante el site survey se emplean antenas ruckus ZF7762 que poseen el radio incorporado. Esta antena ofrece un haz de 120° y alcance superior a los 400m sin obstrucciones según la hoja de datos que se muestra en el anexo 3.

Computador portátil

El software Ekahau Site Survey encargado de la recolección de datos relacionados con la intensidad inalámbrica se implementa en un computador Toshiba R30-A3102 procesador Intel I7 con tarjeta inalámbrica Intel Wireless-AC 3160 802.11ac 1x1

opera en las dos bandas de frecuencia empleadas para transiciones Wi-Fi. Existe una serie de tarjetas inalámbricas soportadas por Ekahau, si se dispone de una tarjeta inalámbrica no compatible con el software se debe emplear el adaptador externo que ofrece la empresa Ekahau. El equipo detallado cumple con los requisitos para realizar estudios de sitio al igual que la tarjeta inalámbrica.

3.2 Site survey

La red inalámbrica diseñada para la Unidad Educativa Cardenal Spellman se enfoca en satisfacer los requerimientos de cobertura y capacidad. La capacidad de usuarios simultáneos en cada infraestructura especialmente en los puntos críticos se solventa con los puntos de acceso doble radio y el chipset del dispositivo que incrementan la concentración de usuarios que maneja un AP. El alcance de cobertura inalámbrica se evalúa mediante el análisis de radiofrecuencia generada por los puntos de acceso de pruebas en cada edificio al tomar mediciones de la señal en varios puntos enfatizando las zonas distantes en relación a la ubicación programada para los puntos de acceso.

Ekahau Site survey permite importar planos en formato .dwg y asociar un layer de AutoCAD a un tipo de obstáculo con su atenuación característica, esto dinamiza el proceso de adecuación del plano previo al site survey. La Unidad Educativa Cardenal Spellman está constituida en su totalidad por concreto por lo que se asocia la atenuación que produce este material a los muros en el plano.

Con la ayuda de trípodes se instalan los puntos de acceso a una altura de 3 metros en las ubicaciones definidas en el diseño y mediante el software Ekahau se realiza un site survey pasivo stop and go que consiste en desplazarse por las instalaciones marcando cada posición en el mapa realizando pausas mientras la herramienta recopila la información del punto en evaluación. Al realizar un estudio pasivo cada punto de medición recaba datos de todas las fuentes inalámbricas disponibles en el medio es decir el análisis no se enfoca únicamente en la señal de pruebas Spellman_site_survey, esto permite analizar el nivel de ruido que se induce en la red bajo análisis debido a la coexistencia de redes Wi-Fi.

Los resultados arrojados del software Ekahau se aprecian en diferentes tonalidades de color en base al nivel de intensidad de señal medido en el área. La tabla 9 muestra los rangos de valores de RSSI asociado al color que muestran los mapas de calor resultantes de la evaluación del entorno de RF de la U.E.S.C.S.

Tabla 9. Escala de colores empleada en los diagramas de calor

RSSI	Color
> 45 dBm	
45 – 50 dBm	
50 – 55 dBm	
60 – 65 dBm	
65 – 70 dBm	
< 70 dBm	

Nota: rangos de valores medidos asociados a una tonalidad esècifica.

3.2.1 Edificio sección básica 2

Durante la valoración de la intensidad y cobertura de la señal en este edificio se realiza un recorrido en el que se evalúan varios puntos en cada piso de la infraestructura. A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada planta

Sección Básica 2 planta 3

En esta planta se toman 72 mediciones en diferentes posiciones alrededor de los puntos de acceso inalámbricos instalados temporalmente en esta área.

Intensidad de señal medida planta 3

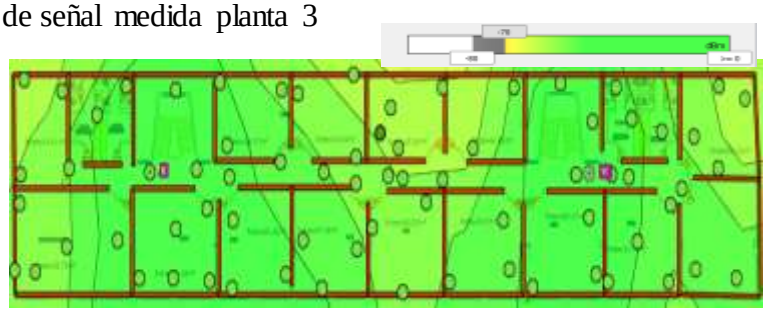


Figura 19. Resultado site survey cobertura básica 2 planta 3

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

La figura 19 muestra el área de influencia de los puntos de acceso en esta planta denotando que las zonas distantes poseen niveles de intensidad superiores a -65dBm.

Sección Básica 2 planta 2

En esta planta se realizan 60 mediciones en diferentes posiciones en pasillos aulas, y oficinas bajo la cobertura de los puntos de acceso de prueba. La figura 20 muestra la intensidad de la señal resultante en esta planta.

Intensidad de la señal planta 2

Figura 20. Resultado site survey cobertura básica 2 planta 2

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

Básica 2 planta 1

Los puntos de acceso en esta planta se ubican en posiciones idénticas a la planta superior en orden de brindar un mejor servicio a las oficinas, siguiendo el procedimiento se realiza un mínimo de 5 muestras por espacio físico para generar el mapa de cobertura que se muestra en la figura 21.

Intensidad de la señal planta 1

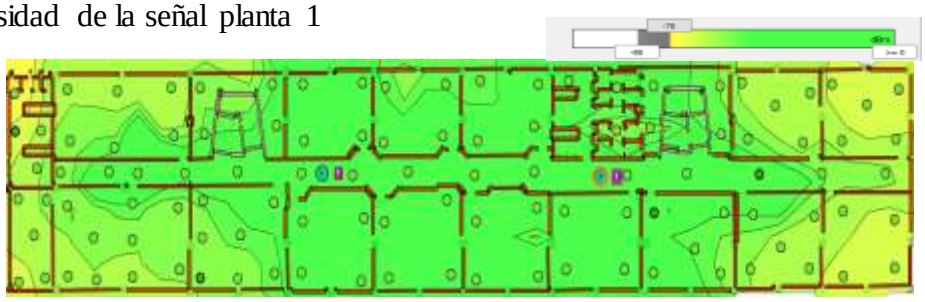


Figura 21. Resultado site survey cobertura básica 2 planta 1

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

Básica 2 planta baja

La planta baja dispone de dos puntos de acceso instalados junto a rectorado y en el área de pastoral como muestra la 22.

Intensidad de la señal planta baja

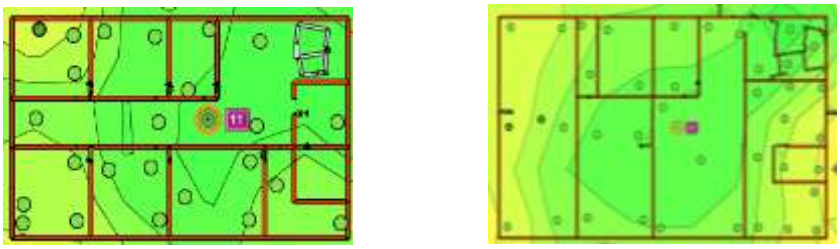
Figura 22. Resultado site survey cobertura básica 2 planta baja

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

3.2.2 Edificio administrativo

El equipo inalámbrico se instala en la segunda planta por concentrar el mayor número de oficinas. El site survey en el edificio administrativo se muestra la figura 23

Mapa de cobertura edificio administrativo



a) b)

Figura 23. Resultado site survey cobertura edificio administrativo a) planta alta, b) planta baja

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

3.2.3 Edificio sección bachillerato

El edificio de bachillerato está formado por 3 plantas, dos de ellas con arquitectura y dimensiones uniformes. Utilizando los resultados del diseño preliminar en esta área se requiere utilizar 5 puntos de acceso para cubrir la totalidad de la edificación.

Bachillerato segunda planta alta

En esta planta se emplea un punto de acceso en el corredor central que se encuentra rodeado por cuatro aulas y tres oficinas que corresponden al 80% del área.

Esta infraestructura presenta grandes ventajas para la propagación inalámbrica debido a que las oficinas son separadas por modulares de madera delgada y vidrio que presentan poca resistencia a la difusión inalámbrica. La figura 24 muestra los resultados obtenidos en esta planta.

Mapa de cobertura inalámbrica B2

Figura 24. Resultado site survey cobertura bachillerato planta 2

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

Como se observa en la figura el laboratorio de computación situado en la esquina superior izquierda recibe valores de intensidad de la señal superiores a -66 dBm.

Bachillerato primera planta alta

En esta planta se ubican dos puntos de acceso uno en el auditorio que se utiliza eventualmente por lo que la señal de este punto de acceso en mayor grado sirve a las aulas, el segundo punto de acceso se ubica alrededor de las oficinas y aulas garantizando cobertura total, capacidad e itinerancia. La figura 25 muestra la propagación inalámbrica en el área.

Mapa de cobertura inalámbrica B1

Figura 25. Resultado site survey cobertura bachillerato planta 1

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

Bachillerato planta Baja

En la planta baja de bachillerato se instala un punto de acceso en la cafetería por ser un punto de reunión masiva de usuarios, el segundo punto de acceso se ubica en el corredor de acceso a los laboratorios como muestra la figura 26.

Mapa de cobertura inalámbrica

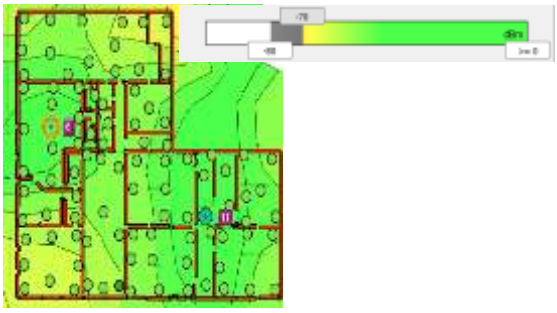


Figura 26. Resultado site survey cobertura bachillerato planta baja

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

3.2.4 Edificio sección básica 1

El estudio de sitio en el edificio de básica 1 se realiza con dos puntos de acceso. La arquitectura y los materiales utilizados en este edificio lo convierten en un sitio idóneo para la comunicación inalámbrica ya que presenta atenuaciones muy bajas debido a que las aulas poseen grandes ventanales que permiten a la señal atravesarlos sufriendo atenuaciones casi despreciables. La figura 27 muestra el resultado del site survey realizado en esta infraestructura como se observa en la figura dos puntos de acceso cubren el área con intensidad de señal superior de -67 dBm.

Mapa de cobertura inalámbrica Básica 1

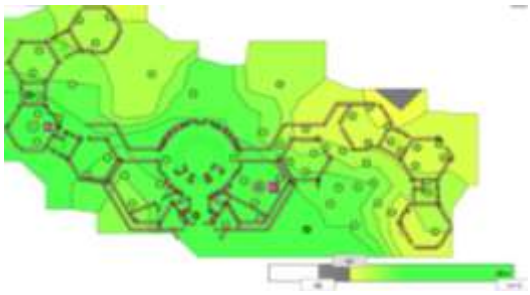


Figura 27. Resultado site survey cobertura básica 1

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

3.2.5 Áreas verdes

Para proporcionar acceso inalámbrico en patios y canchas deportivas se emplean dos equipos outdoor con antenas externas con haz de 120°. El patio principal concentra la mayor cantidad de usuarios por lo que se ubica un equipo en la parte alta del edificio de bachillerato para cubrir esta área. La segunda antena focaliza la señal hacia las canchas de futbol al ser un medio libre de obstrucciones la señal cubre todas las instalaciones deportivas con la intensidad superior a -67dBm como se muestra en la figura 28.

Mapa de radiación en áreas verdes

Figura 28. Resultado site survey cobertura áreas verdes y canchas deportivas

Elaborado por: Alex Alvarez utilizando Ekahau

La tabla 10 muestra los porcentajes de cobertura en las áreas de interés a lo largo del campus educativo, los resultados del site survey superan niveles de intensidad de -70 dBm en áreas de interés, la tabla 10 excede los resultados obtenidos utilizando el simulador que se reflejan en la tabla 7.

Tabla 10. Niveles de intensidad señal inalámbrica medida

Edificio	Número de AP	RSSI MIN	RSSI MAX	Cobertura %
Sección básica 2	8	-70dBm	-35 dBm	100
Sección bachillerato	5	-70dBm	-35 dBm	100
Sección básica 1	2	-70dBm	-35 dBm	100
Administración	1	-70dBm	-35 dBm	100
Áreas verdes	2	-70dBm	-35 dBm	100

Nota: resultados de cobertura obtenidos mediante pruebas de campo.

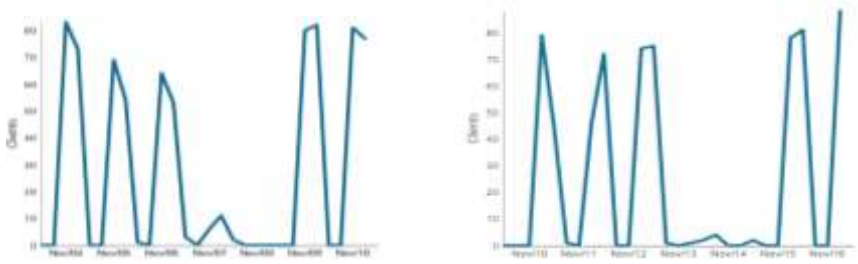
3.3 Pruebas de conectividad

Con los resultados de locaciones de los equipos del punto anterior se realizan pruebas de conectividad en las instalaciones empleando puntos de acceso Xirrus 630 802.11ac banda dual en el edificio de bachillerato y básica 2 por concentrar el mayor número de usuarios de los que se desprenden los siguientes resultados.

Carga de Usuarios por punto de acceso

Durante el periodo de pruebas en las zonas mencionadas se obtiene un promedio de 70 usuarios por punto de acceso considerando que los dispositivos pueden manejar un volumen de 200 usuarios concurrentes el equipo no es forzado a operar a su capacidad máxima. La figura 29 muestra los dos puntos con mayor concentración de clientes detectados durante el periodo de pruebas siendo estos en bachillerato segunda planta y básica 2 tercera planta.

Pruebas de capacidad por punto de acceso



a) b)

Figura 29. Zonas de mayor concentración de usuarios a) bachillerato planta 2 b) básica 2 planta 3

Elaborado por: Alex Alvarez

La figura 29 muestra la carga de usuarios en un periodo de 7 días mostrando un pico máximo de 80 usuarios agrupados en las dos bandas de frecuencia, este resultado responde a pruebas bajo el peor escenario debido a que usuarios de otros áreas concurrían a estas plantas para hacer uso de la red inalámbrica. Los puntos bajos en las gráficas responden a fines de semana en los cuales la red no es utilizada por estudiantes.

Los dispositivos conectados a la red son analizados en cada BSS para determinar el tipo de tecnología inalámbrica con la que opera el cliente la figura 30 muestra la

distribución de estándares inalámbricos encontrados en la red de un total de 607 dispositivos censados durante el periodo de pruebas.

Como se observa en la figura 30 el 19% de los dispositivos conectados a la red manejan el ultimo estándar Wi-Fi 802.11ac cifra que se incrementara debido a que los dispositivos de última generación incorporan con esta tecnología inalambrica.

Clientes inalámbricos

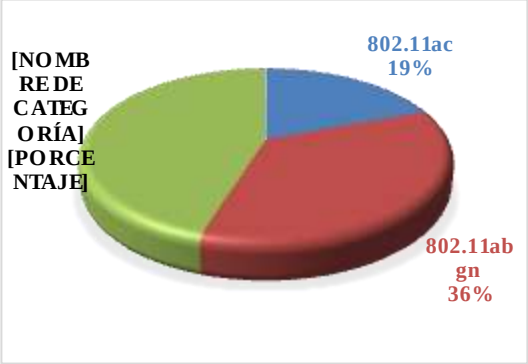


Figura 30. Diversidad de dispositivos finales detectados en la institución

Elaborado por: Alex Alvarez

3.4 Propuesta de red

Al finalizar el proceso de diseño y evaluar las condiciones de radio frecuencia en un entorno simulado y ser reforzadas con un estudio in situ se establece la propuesta de red inalámbrica para la unidad educativa Cardenal Spellman que detalla el equipamiento necesario, las locaciones específicas de los puntos de acceso para el correcto desempeño de la red inalámbrica.

A su vez se estipulan las reformas que deben ser ejecutadas en la red de datos para la adición del servicio inalámbrico. La configuración lógica de la red de datos del Cardenal Spellman debe ser modificada para permitir la incorporación de la red inalámbrica a su vez optimizar el esquema de direccionamiento plano que se maneja actualmente y la incorporación de un servidor de DHCP.

3.4.1 Resultados de site survey inalámbrico

El estudio de cobertura realizado en la U.E.S.C.S demuestra que las locaciones, altura y potencia de transmisión de los puntos de acceso empleados durante site survey satisfacen los requerimientos de cobertura de la institución con niveles de

intensidad que superan los -67dBm en las zonas más distantes a la ubicación de los puntos de acceso garantizando que equipos con prestaciones similares de cualquier fabricante ofrecen un rendimiento equiparable.

El estudio de site survey se realiza bajo el peor escenario que es un cliente que emplea una antena para transmitir, una antena para recepción y un flujo de datos, los usuarios que empleen equipos más sofisticados recibirán un mejor servicio debido a que ocupan menos tiempo aire para transmitir a su vez los clientes con dispositivos de bajas prestaciones tendrán un buen servicio en base al diseño de red propuesto.

3.4.2 Direccionamiento

Se establece un nuevo esquema de direccionamiento que reemplaza al esquema plano empleado actualmente, la red es segmentada en grupos mediante la implementación redes virtuales creando subredes independientes para la red cableada y la red inalámbrica de esta manera se generan rangos de direccionamiento diferenciados para aulas, laboratorios, administrativos y administración de equipos en la red cableada y para la red inalámbrica estudiantes, docentes, administrativos e invitados. El nuevo esquema de direccionamiento está conformado por 8 subredes redes de las cuales 4 son asignadas a la red LAN cableada y las 4 restantes se extienden al entorno inalámbrico.

Asignación de VLAN

Se emplean direcciones clase C en la red LAN cableada y direcciones clase B en la red LAN inalámbrica con máscara reducida para conseguir el número de host requeridos más un 30% provisto para soportar expansión en los usuarios de la red.

La tabla 11 muestra describe las VLAN de la red LAN cableada.

Tabla 11. Asignación de subredes LAN cableada

VLAN Nombre	VLAN ID	Rango de direcciones	Hosts	Mascara
Laboratorios	50	192.168.10.1 - 192.168.10.126	126	/25
Aulas	55	192.168.11.1 - 192.168.11.126	126	/25
Administración	60	192.168.12.1 - 192.168.12.30	30	/27
Equipos_admin	65	192.168.13.1 - 192.168.13.30	30	/27

Nota: direccionamiento para las VLAN de la red LAN cableada.

Para aislar el tráfico en la red inalámbrica los puntos de acceso así como las antenas externas difunden los SSID que se mencionan en la tabla 12. Los nombres de SSID en los AP y de las VLAN en los conmutadores son similares para facilitar la identificación y administración de cada subred.

Tabla 12. Descripción de subredes asignadas LAN inalámbrica

VLAN/SSID	VLAN ID	Rango de direcciones	Hosts	Mascara
Spell_estudiantes	10	172.16.0.1 - 172.16.3.254	1022	/22
Spell_docentes	15	172.16.4.1 - 172.16.4.126	126	/25
Spell_admin	20	172.16.5.1 - 172.16.5.62	62	/26
Spell_invitados	25	172.16.6.1 - 172.16.6.62	62	/26

Nota: direccionamiento VLAN segmento inalámbrico.

3.4.3 Portal cautivo

El portal cautivo se presenta como una solución de control que se encarga de limitar el acceso a las redes Wi-Fi exclusivamente a usuarios pertenecientes a la institución. El portal cautivo consulta la veracidad de los datos proporcionados por el usuario en la base de datos interna del servidor RADIUS que se integra al firewall Pfsense mediante el paquete freeradius para correr este servicio de autenticación, si los datos son veraces se conceden permisos de navegación en base a los privilegios de usuario.

El portal cautivo en su configuración presenta ciertas normativas para el control de la red entre ellas permite la conexión de un solo dispositivo por usuario si desea utilizar otro dispositivo debe terminar la sesión establecida en el primer dispositivo, la sesión tiene vigencia de 1 hora transcurrido este periodo el usuario debe volver a registrarse en la red, si un usuario permanece inactivo por un periodo superior a 20 minutos su dirección IP es liberada. Los usuarios acreditados a navegar permanecen almacenados en la base de datos de freeradius el problema que presenta la institución es que no dispone de una base de datos de estudiantes y docentes en un formato que pueda ser adoptado por el servidor RADIUS. El servidor RADIUS puede consultar usuarios de bases de datos SQL, LDAP o de Active directory al no disponer de est0s registros los usuarios y contraseñas deben ser registrados manualmente.

El anexo 4 muestra la configuración del firewall PFsense para brindar el servicio de portal cautivo con autenticación en Freeradius.

3.4.3.1 Funcionamiento portal cautivo

El portal cautivo se despliega en cualquier navegador sea de un portátil o dispositivo móvil como smartphones o tabletas mostrando una ventana que solicita un nombre de usuario y contraseña para acceder a la red inalámbrica, la página de autenticación muestra información relevante sobre las condiciones de uso y acuerdo de liberación de responsabilidad por parte de la U.E.S.AC.S por el uso indebido de los recursos de red que al momento de acceder son acepados por el usuario. A continuación se describe el funcionamiento del portal cautivo diseñado para la institución.

Autenticación

Los SSID difundidos por los AP son abiertos es decir no solicitan contraseña para conectarse a la red, los usuarios obtienen una dirección IP pero el tráfico que generan se envía y bloquea en el servidor de autenticación (Pfsense) hasta que el usuario ingrese sus credenciales en el portal cautivo utilizando un navegador. La figura 31 muestra la ventana de autenticación de usuarios.

Portal cautivo U.E.S.C.S

Figura 31. Ventana de autenticación de usuarios y condiciones de uso U.E.S.C.S

Elaborado por: Alex Alvarez

Si la autenticación es exitosa se conceden atributos a la dirección IP del usuario para navegar caso contrario se despliega nuevamente la ventana solicitando los datos de usuario.

La implementación del portal cautivo permite controlar el acceso a los recursos de red y monitorear la cantidad de usuarios que se encuentran conectados a la red

asignando un ancho de banda específico por grupo de usuarios creando una infraestructura de control para la red inalámbrica.

3.4.4 Ubicación de puntos de acceso

En base a los requerimientos mencionados por el departamento de sistemas se determina la utilización de 16 puntos de acceso indoor y 2 equipos outdoor con antenas direccionales para cubrir las áreas de interés dentro del campus.

La figura 32 muestra la topología de red en la que se implementan enlaces redundantes de fibra óptica entre edificios y pisos, a su vez se muestra los conmutadores a los que se enlazan los puntos de acceso inalámbrico identificando la distancia que existe entre cada AP y el conmutador.

Se emplean las canaletas existentes de la red LAN que cuentan con espacio disponible para la inserción de nuevo cableado, como se observa en la gráfica los enlaces tienen longitudes inferiores a 90m cumpliendo la normativa de cableado, el enlace permanente más extenso para la red inalámbrica es de 65m.

Diagrama de red U.E.S.C.S

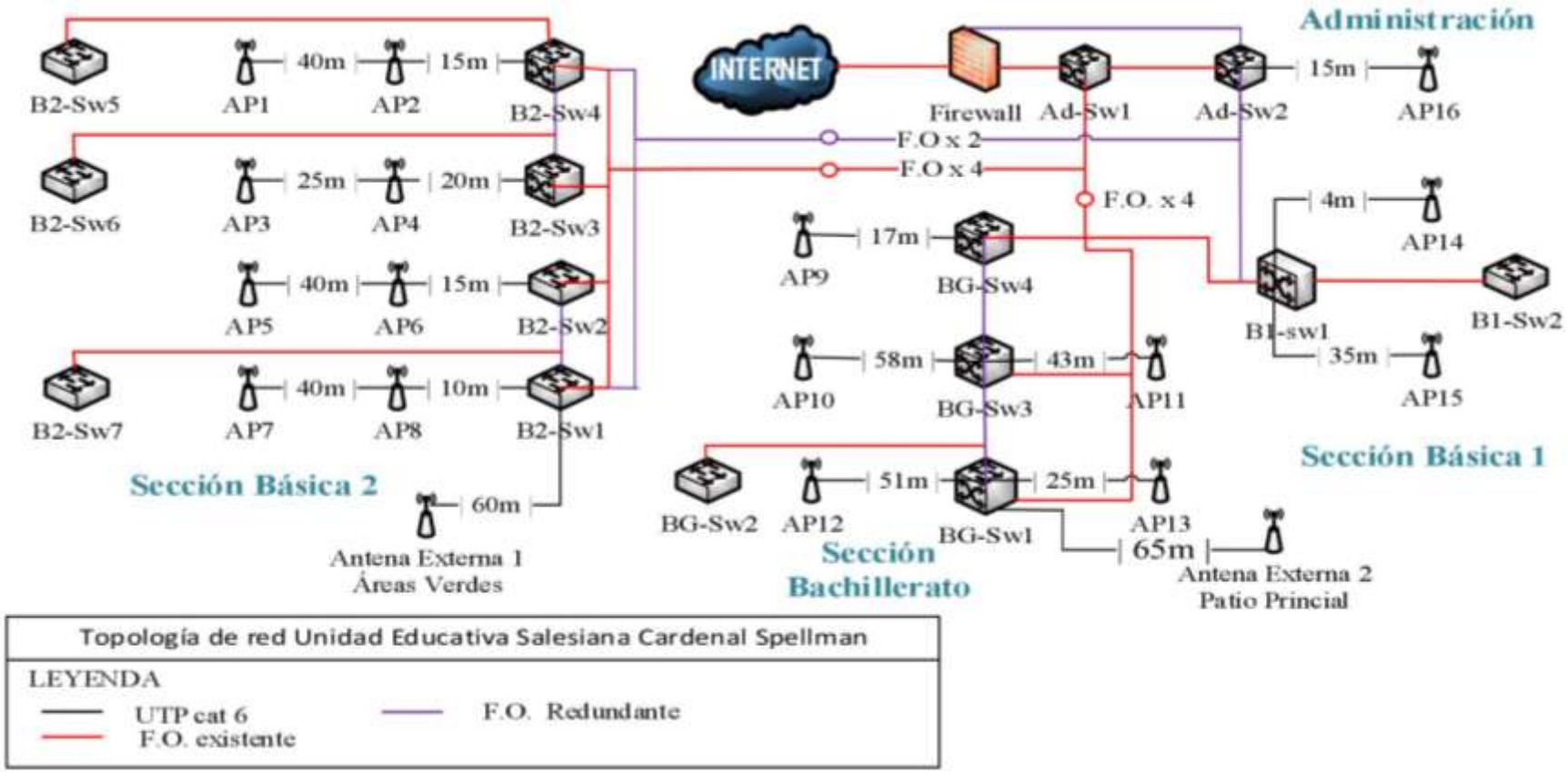


Figura 32. Topología física de red y ubicación final puntos de acceso

Elaborado por: Alex Alvarez

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO DE RED INALÁMBRICA

En este capítulo se analizan las opciones de equipamiento que cumplen las características establecidas en la etapa diseño y se encuentran disponibles en mercado ecuatoriano, el resultado de esta comparación es la selección de la marca que ofrece la mejor relación costo-beneficio para el Cardenal Spellman a su vez se determina el costo de la inversión por parte de la institución para la futura implementación de la red inalámbrica.

La información de costos de equipamiento es confidencial por lo que se manejan valores cercanos referenciales en este trabajo.

4.1 Soluciones disponibles en el mercado

El análisis consiste en evaluar las características técnicas y beneficios que ofrecen varias marcas líderes en conectividad inalámbrica. Entre las opciones inalámbricas existentes en el mercado se han considerado varios parámetros para una preselección como disponibilidad en el mercado local, prestaciones, soporte, garantía, confiabilidad, licenciamiento, administración y costo referencial. Las marcas que se evalúan con mayor detalle para seleccionar la mejor opción son:

- Cisco Aironet.
- Cisco Meraki.
- Ruckus.
- Xirrus.

A continuación se presenta una breve reseña de los equipos que ofrece cada fabricante cuyas características compaginan con los parámetros de diseño establecidos para los puntos de acceso indoor y outdoor de la red inalámbrica.

4.1.1 Cisco

Cisco se posiciona como líder mundial en comunicación es un fabricante de equipos de telecomunicaciones que ha plasmado su nombre por la capacidad y confiabilidad

de los equipos bajo su sello. Al optar por Cisco se presentan 2 opciones Aironet y Meraki.

4.1.1.1 Aironet

En la línea Aironet se selecciona el modelo AIR-CAP2702-A-K9 para interiores y el modelo AIR-CAP1550-A-K9 con antenas sectoriales para exteriores. La solución basada en Aironet emplea una controladora física WLC 2504 que incluye licenciamiento para 25 dispositivos por un periodo de 3 años.

AIR-CAP2702-A-K9

La series 2702 de Aironet manejan el estándar 802.11ac pueden funcionar en modo autónomo o lightweight enlazados a una controladora WLC 2504. El punto de acceso dispone de una configuración de antenas 3x4 con 3 flujos de datos espaciales ofreciendo tasas de transmisión de 1.3Gbps ideales para entornos de alta densidad.

AIR-CAP1550-A-K9

El punto de acceso para exteriores 1550 802.11n 2x3:2 de banda dual se enlaza a la controladora, diseñado para entornos con alta densidad de usuarios y protección para todo tipo de ambiente.

4.1.1.2 Meraki

La ventaja de Meraki es que no requiere una controladora basada en hardware, la administración y configuración de los equipos se realiza desde la nube de Meraki mediante una interfaz web intuitiva para el usuario que dinamiza el despliegue de la red inalámbrica y reduce significativamente los costos de implementación. Los equipos Meraki poseen tres radios que operan simultáneamente en 802.11ac, 802.11n y un tercer radio que analiza el estado de RF en las inmediaciones. El anexo 5 muestra las características técnicas de los equipos Meraki.

MR34: es un punto de acceso indoor 802.11ac 3x3 MIMO con tres flujos de datos espaciales, adiciona a la seguridad el servicio de WIDS, WIPS y detección de puntos de acceso que no pertenecen a la infraestructura (AP rogue).

MR72: punto de acceso outdoor 802.11ac 2x2:3 MIMO, el MR72 soporta dos antenas externas con conexión tipo N permitiendo focalizar la señal inalámbrica. Dispone de antenas sectoriales de banda dual.

4.1.2 Ruckus

La marca Ruckus tiene gran aceptación en entornos con alta demanda de usuarios, los equipos seleccionados Zoneflex R600 y zoneflex T300 soportan hasta 500 usuarios según los datos del fabricante ideales para ambientes saturados.

Zoneflex R600 series: es un equipo Indoor que 3x3:3 MIMO sumada a la patente de Ruckus Smart Wi-Fi que incrementa el alcance de la señal y el rendimiento de redes inalámbricas. Los puntos de acceso Ruckus al operar en conjunto requieren enlazarse a la controladora física ZoneDirector que es la encargada de difundir la configuración actualizaciones y gestión de los equipos. Se requiere licenciamiento anual por cada punto de acceso.

Zoneflex T301 series: equipo outdoor 2x2:2 soporte para 500 usuarios concurrentes teóricamente. Este equipo pose una antena interna direccional de 14dBi y soporte para una antena externa adicional con conexión tipo N.

4.1.3 Xirrus

La solución que ofrece Xirrus no requiere controladora física ya que los puntos de acceso se configuran y administran desde la nube de Xirrus por lo que la implementación resulta muy sencilla solo deben disponer salida hacia internet para administrarlos, los equipos son fácilmente escalables ya que permiten la adición de módulos que incrementan los radios de cobertura sea estos 802.11n o 802.11ac.

Los equipos Xirrus son descartados de la selección debido a que los puntos de acceso outdoor se encuentran en proceso de regulación para su uso en Ecuador por lo que no se conoce una fecha tentativa en que se encuentren disponibles.

4.2 Comparación de equipamiento por fabricante

La red inalámbrica de la unidad educativa cardenal Spellman así como cualquier red a implementarse debe poseer una estandarización de equipos para obtener el mejor rendimiento en conjunto de estos, para seleccionar la solución que ofrece las mejores

prestaciones así como servicios agregados se evalúan y en base a comparaciones de aspectos relevantes como características técnicas, costo de la solución, benéficos a la institución y puesta en marcha se selecciona una marca para la red de la institución.

Para la comparación se asigna una escala de valores de 1 a 5 siendo:

- 1 pésimo.
- 2 malo.
- 3 regular.
- 4 bueno.
- 5 excelente.

4.2.1 Comparación de fabricantes por características técnicas

Los equipos ofertados por los fabricantes seleccionados deben cumplir una serie de parámetros básicos para ser considerados como firmes candidatos en el proyecto inalámbrico del Cardenal Spellman. Se realiza una comparación de las principales características que requieren los puntos de acceso.

La tabla 13 muestra las características que son evaluadas.

La tabla 14 muestra la comparación por puntuación de las características técnicas necesarias para el proyecto inalámbrico.

Tabla 13. Comparación de características técnicas por fabricantes

fabricante	Cisco Meraki		Ruckus		Cisco Aironet	
	Indoor	Outdoor	Indoor	Outdoor	Indoor	outdoor
tecnología	802.11ac	802.11ac	802.11ac	802.11ac	802.11ac	802.11n
Tipo de radio	3x3:3	2x2:3	3x3:3	2x2:2	3x4:3	2x3:2
Usuarios simultáneos	200	200	512	500	200	200
Licenciamiento	Anual por AP	Anual por AP	Anual por AP	Anual por AP	Anual por AP	Anual por AP
Controladora	Gestión en nube	Gestión en nube	Hardware dedicado	Hardware dedicado	Hardware dedicado	Hardware dedicado
Antenas externas	N/A	2 antenas	N/A	1 antena	N/A	2 antenas
Potencia Tx max	25dBm 2.4Ghz 26dBm 5Ghz	25dBm 2.4Ghz 26dBm 5Ghz	28dBm 2.4Ghz 27dBm 5Ghz	26dBm 2.4Ghz 25dBm 5Ghz	22dBm 2.4Ghz 23dBm 5Ghz	25dBm 2.4Ghz 26dBm 5Ghz
Seguridad	802.11i, WPA2, WPA, 802.1x	802.11i, WPA2, WPA, 802.,1x	802.11i, WPA2, WPA, 802,1x	802.11i, WPA2, WPA, 802.1x	802.11i, WPA2, WPA, 802.1x	802.11i, WPA2, WPA, 802.1x

Nota: características técnicas evaluadas en la selección de un fabricante.

Tabla 14. Selección de fabricante por características técnicas

Característica	%	Ruckus	Meraki	Aironet
802.11ac 2.4/5 GHz 3x3:3	15	3	4	2
Banda concurrente	15	4	5	4
Usuarios concurrentes >= 100	10	5	5	5
Potencia Tx >= 20Bm	5	5	5	5
Soporte antenas Externas	15	4	5	5
Soporte 802.1q, 802.1x, 802.11i	15	5	5	5
Controladora beneficios	5	4	5	5
Total	100	30	34	31

Nota: los equipos Meraki obtiene la mejor puntuación de la comparación técnica

Los resultados que se muestran son altos debido a que estos equipos son el resultado de una preselección según los requerimientos específicos de la institución.

4.2.2 Comparación de fabricantes por costo de la solución

El costo es un factor determinante en cualquier clase de proyecto siempre está relacionado con el beneficio que añade y la población a la que sirve. La red inalámbrica es un beneficio para todo el universo de estudiantes, docentes, personal administrativo y personas que visitan la institución por cortos periodos de tiempo que dispongan de un dispositivo con conectividad inalámbrica.

La tabla 15 muestra la comparación de fabricantes desde el punto de vista económico de la solución, el menor costo recibe la puntuación más alta.

Tabla 15. Selección de fabricante según relación costo beneficio

Característica	%	Ruckus	Meraki	Aironet
Costo de equipos indoor	20	3	4	2
Costo de equipos outdoor	20	3	4	2
Costo antenas externas	10	4	4	4
Licenciamiento	15	4	4	4
Controladora (WLC)	15	2	5	2
Accesorios	10	3	3	4
Garantía y soporte	10	4	4	4
Total	100	23	28	22

Nota: la línea Meraki cumple los lineamientos con el menor costo

La opción de Meraki cumple los lineamientos bajo evaluación con los menores costos seguido de Ruckus y en último lugar cisco como la opción con el costo más elevado.

4.3 Selección de fabricante

Al analizar las características técnicas que presta cada marca comparado con el costo de adquisición y los beneficios que aporta a la red se selecciona la línea Meraki de Cisco. Las puntos que sobresalen son la administración desde la nube lo que permite responder a alertas en la red inalámbrica incluso si el personal se encuentra fuera de las instalaciones, a su vez por el uso de un tercer radio que continuamente analiza el estado del medio buscando fuentes interferentes y el estado del servicio permite realizar correcciones en el momento en que se registra el evento garantizando la funcionalidad de la red inalámbrica. Los tiempos de adquisición son cortos debido a que existen varios distributores locales que garantizan disponibilidad, soporte, garantía para los equipos y capacitación al personal que administra la infraestructura.

4.4 Análisis de costos

En esta sección se analiza el presupuesto necesario para la implementación de la solución basada en la línea Meraki de Cisco. Se consideran puntos importantes como el costo de la solución, cableado, configuración, licenciamiento de los puntos de acceso y capacitación al personal del departamento de sistemas.

4.4.1 Elementos de interconexión

Son los materiales necesarios para generar los puntos de acceso para los dispositivos inalámbricos desde el rack a su ubicación designada. La tabla 16 muestra los elementos de interconexión necesarios para la implementación de la red inalámbrica

Tabla 16. Costo referencial de elementos de interconexión

Descripción	Cantidad	Precio	Valor
Cable SIEMON UTP cat 6 bobina 305m	3	340,00	1020,00
Jack RJ-45 cat 6	20	4	80
Patch cord 3pies 6	36	10	360,00
	Total		1460,00

Nota: costo referencial del material requerido para el enlace de los equipos

4.4.2 Equipamiento

La red diseñada está conformada por 16 puntos de acceso indoor y 2 puntos de acceso outdoor equipados con antenas externas directivas y el firewall PFsense que reemplaza al firewall fortigate 200D. La tabla 17 muestra el costo referencial del equipamiento.

Tabla 17. Costo referencial de equipos

Descripción	Cantidad	Precio	Valor
MR72 cloud managed 802.11ac	2	1150,00	2300.00
Accesorios montaje en pared y techo	2	00.00	00.00
PoE inyector	2	120,00	240,00
Antena sectorial MA-ANT-25	2	370	740.00
MR34 cloud managed 802.11ac	16	820,00	13120,00
Accesorios montaje en pared y techo	16	00,00	00,00
PoE inyector	16	100,00	1600,00
Licencia MR Enterprise 3 años	18	300	5400,00
Firewall PFsense	1	1200,00	1200,00
	Total		24600,00

Nota: costo requerido para la adquisición de equipos activos

4.4.3 Costos de instalación

La instalación de los puntos de red y los puntos de acceso no generan costo para el Cardenal Spellman ya que esta tarea es realizada por el personal de apoyo y mantenimiento con el que cuenta la institución. Utilizando los lineamientos establecidos en el diseño de red donde se estipula la ubicación exacta de cada punto de acceso y el switch al que se enlazan. Las tareas a realizar se describen a continuación.

- Puntos de red x 18.
- Instalación de puntos de acceso x 18.

El anexo 6 describe la ubicación de los puntos de acceso y antenas externas.

4.4.4 Costos de configuración y mantenimiento

La configuración y puesta en marcha de la línea Meraki se considera plug and play se basa en una interfaz web intuitiva desde la que se controlan todos los puntos de acceso asociados por este motivo el tiempo y costo de capacitación son bajos.

Tabla 18. Costo de configuración de equipos

Descripción	Horas de trabajo	Costo/hora	Valor
Técnico de configuración	4	40	160
Mantenimiento 2 horas / 6 meses	4	30	120
Capacitación x 2 personas	10	40	400
		Total	680

Nota: costo de configuración y mantenimiento preventivo de los AP.

4.4.5 Costo de implementación

El costo de implementación muestra la agrupación de los valores parciales para el despliegue de la red inalámbrica en la Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman.

Tabla 19. Presupuesto de implementación global

Descripción	Valor
Costo Equipamiento	24600,00
Costo de elementos de interconexión	1460,00
Costo de configuración	680,00
Total	26,740.00

Nota: Costo total para la implementación de la red inalámbrica en la U.E.S.C.S.

La tabla 19 muestra el costo de la inversión por parte de la U.E.S.C.S para implementar la red inalámbrica en todo el campus educativo utilizando equipos Meraki vanguardistas que operan en base al último estándar IEEE 802.11ac con soporte para clientes que manejan versiones previas del estándar.

El proyecto de red libre de cables al ser un servicio adicional a estudiantes docentes, personal administrativo y visitante no busca generar ingresos para la institución su función es mejorar el proceso educativo por lo que no se requiere realizar un estudio de recuperación de la inversión.

CONCLUSIONES

El análisis estructural de la U.E.S.C.S permitió identificar los materiales que presentan alto potencial de degradar la propagación de ondas electromagnéticas como lo es el concreto material predomínate empleado en todos los edificios de la unidad educativa, las zonas con altos índices de atenuación por la arquitectura de los edificios e identificar las interferencias Wi-Fi y no Wi-Fi existentes en la institución y sus alrededores.

El análisis documental de la red de datos existente evidencio la falta de memorias técnicas de configuración de equipos, contraseñas de acceso, ordenes de trabajo y la topología física de los equipos de red. Para solucionar estos problemas se implementaron nuevas contraseñas en los equipos lo que permitió documentar la configuración de cada equipo y la creación de respaldos de la configuración. A su vez se generó el diagrama actualizado que muestra la distribución de los dispositivos de red.

El análisis a detalle de las características de equipos que posee la U.E.S.C.S evidencio que la inserción de la red inalámbrica bajo el estándar 802.11 es viable ya que los equipos son capaces de soportar el tráfico generado por la red WLAN e identifico las limitaciones que impone el firewall Fortinet que se encuentra en contrato de outsourcing y es administrado por el proveedor de servicios impidiendo realizar modificaciones en la red de datos. La solución se presenta con la sustitución del firewall actual por PFsense basado en software libre, el firewall PFsense permite cumplir con todas las tareas del equipo de frontera actual eliminado las barreras existentes ya que se cuenta con el control total sobre el equipo para realizar cambios y modificaciones en la infraestructura de red.

La simulación del ambiente de radio frecuencia mediante el software Aerohive planner en base a predicciones de propagación permitió identificar las locaciones que prestan la mejor propagación inalámbrica, datos que se utilizaron como base para el estudio site survey.

Los resultados del site survey reflejan que se cumple el objetivo de diseño de cubrir las instalaciones con un nivel de intensidad superior a -70 dBm estos valores se obtienen con un cliente de pruebas de gama media con una NIC inalámbrica 802.11ac 1x1:1, el equipo de pruebas representa el peor escenario de conectividad,

dispositivos con mejor configuración de antenas y flujos de datos recibirán un mejor servicio por parte de la red en lo que se refiere a cobertura y velocidad de transmisión.

El proyecto inalámbrico fue diseñado en base al último estándar en comunicación para redes LAN inalámbricas 802.11ac con la finalidad de garantizar una red con un periodo de vida útil extendido es decir con soporte para los dispositivos existentes en el mercado local y para nuevos lanzamientos basados en el estándar 802.11ac. Actualmente el 19% de los clientes en la institución soportan el estándar IEEE 802.11ac, esta cifra continuará en aumento debido que el estándar se encuentra en proliferación entre fabricantes de dispositivos finales.

La implementación del servidor RADIUS como mecanismo de autenticación en la red inalámbrica del Cardenal Spellman impone un nivel de seguridad más elevado que WPA y WPA2 con calves pre compartidas, al asignar a cada cliente un nombre de usuario y contraseña único se controla el acceso a la red debido a que estas credenciales son necesarias para autenticarse en el portal cautivo.

El portal cautivo se configuro con mecanismos de contención que se encargan de eliminar la sobrecarga en la red mediante la revocatoria de privilegios de navegación al superar un periodo de inactividad superior o igual 20 minutos, exceder periodo de concesión de 1 hora y limitar cada cuenta de usuario a un solo dispositivo.

El estudio técnico económico permitió seleccionar los equipos inalámbricos con la mejor relación costo beneficio para la U.E.S.C.S. Tras la comparación de características técnicas se determinó la utilización de 18 equipos inalámbricos de la línea Meraki de Cisco por que se acoplan al escenario con elevada cantidad de usuarios del Cardenal Spellman y por no requerir una controladora basada en hardware para su configuración, administración ya que esta se realiza mediante el servidor en nube de Meraki.

RECOMENDACIONES

Actualmente el centro de datos en el edificio administrativo carece de garantías de seguridad físicas, al ser un punto de crucial importancia se deben tomar medidas para precautelar la integridad de los equipos que se encuentran en esta área construyendo un cuarto con acceso permitido únicamente al personal del departamento de sistemas como medida de seguridad urgente a posteriori la institución debe optar por acoplarse a la normativa de seguridad ISO/IEC 27001

Los equipos 3COM han dejado de producirse por lo que el soporte a nivel de hardware y firmware se encuentra limitado o descontinuado, los equipos 3COM por su tiempo de vida útil extendido manejan velocidades de conmutación y transmisión inferiores a otros equipos en la red, para solventar este inconveniente se debe unificar los protocolos de transmisión con equipos que manejen velocidades Gigabit Ethernet en toda la red de comunicación.

Durante el estudio de la red se generó un nueva esquema de la topología de la red que difiere de la estimación del departamento de sistemas por lo que ante cualquier cambio se recomienda mantener actualizados las memorias técnicas que se generaron durante el proyecto ya que permite conocer rápidamente el estado de la red y su funcionamiento a su vez facilita el proceso de identificación de fallos reduciendo el tiempo requerido para solventarlos.

Desarrollar una base de datos de estudiantes, docentes personal administrativo y de apoyo en herramientas diseñadas para este propósito como MySql, Active directory que permiten mantener un control más organizado de los usuarios en la red.

Posterior a la inserción de una red inalámbrica es recomendable realizar un site survey post implementación con la finalidad de auditar el entorno de radio frecuencia, el site survey posterior a la implantación garantiza el correcto desempeño de la red.

REFERENCIAS

Acevedo, H. (08 de 11 de 2011). *Magazcitum*. Obtenido de http://www.magazcitum.com.mx/?p=1574#.VvrTq-LhDIU

Álvarez, I. (2013). *Pérdidas de inserción en diferentes tipos de materiales y árboles.* Madrid.

Aruba. (18 de 02 de 2015). *802.11ac In-Depth.* Obtenido de http://community.arubanetworks.com/t5/Technology-Blog/Aruba-802-11ac-In-Depth-White-Paper/ba-p/227552

Baquero, O. (2014). *Diseño y Construcción de una red WIFI 802.11 para la empresa.* Quito.

Butler, J., Pietrosemoli, E., Zennaro, M., Fonda, C., Okay, S., Aichele, C., & Büttrich, S. (2013). *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo.* Copenhagen.

Castaño, R., & López, J. (2013). *Redes Locales* . Madrid : Macmillan Iberia, S.A.

CCM. (s.f.). *CCM*. Obtenido de http://es.ccm.net/contents/286-vlan-redes-virtuales

CCM. (s.f.). *CCM*. Obtenido de http://es.ccm.net/contents/593-proteccion-introduccion-a-la-seguridad-de-redes

Chin, D. (2014). *Best Practices for High Density Wireless Network Design In Education.* Obtenido de Netgear: http://www.netgear.com/images/pdf/High_Density_Best_Practices.pdf

Cisco. (2003). *Suplemento sobre cableado estructurado.*

Cisco. (2012). *Cisco IBSG Horizons.* Obtenido de http://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/BYOD.pdf

Cisco. (28 de 11 de 2014). *Blog Cisco Cansac*. Obtenido de http://gblogs.cisco.com/cansac/experiencia-inalambrica-de-alta-densidad-parte-2

Cisco. (11 de 11 de 2014). *Blog Cisco Cansac* . Obtenido de gblogs.cisco.com/cansac/experiencia-inalambrica-de-alta-densidad-parte-1

Cisco. (2014). *Campus Resumen de Diseño.*

Coleman, D., Westcott, D., Harkins, B., & Jackman, S. (2010). *Certified Wireless Security Professional Official.* Indianapolis: Wiley Publishing, Inc.

Ferrero, F., & de la Cuesta, G. (2007). *Libro blanco de buenas prácticas para el despliegue de redes inalámbricas de banda ancha en municipios de Andalucía.* Sevilla.

González, M. (28 de 08 de 2014). *Redes Telemáticas*. Obtenido de http://redestelematicas.com/velocidad-de-las-redes-wifi-n-en-entornos-residenciales/

Harkirat, S. (11 de 07 de 2015). *harkiratparas*. Obtenido de http://www.harkiratparas.com/wifi-wireless-fidelity-advantages-of-wireless-networking/

Hucaby, D. (2014). *CCNA Wireless 640-722*. Indianapolis: Cisco Press.

IEEE. (08 de 01 de 2013). *IEEE Standars association*. Obtenido de http://standards.ieee.org/news/2013/802.11ad.html

Jackman, S., Swartz, M. B., & Head, T. (2014). *CWDP Certified Wireless Design Profesional* . Indianapolis: Wiley Publishing, INC.

López, A. (05 de 02 de 2015). *Incibe*. Obtenido de https://www.incibe.es/blogs/post/Seguridad/BlogSeguridad/Articulo_y_comentarios/Protocolos_aaa_radius

Martínez, T. (18 de 11 de 2013). *Telequismo*. Obtenido de http://www.telequismo.com/2013/11/diseno-wifi.html

Orben. (14 de 03 de 2016). *Orben*. Obtenido de http://www.orben.com/blog/2016/03/14/5-medidas-de-iso-27001-que-puedes-implementar-en-tu-empresa/

Poole, I. (s.f.). *Radio-electronics*. Obtenido de http://www.radio-electronics.com/info/wireless/wi-fi/ieee-802-11a.php

Prodanovic, R., & Simic, D. (2007). A Survey ofWireless Security. *Journal of Computing and Information Technology*, 255. doi:10.2498/cit.1000877

Sánchez, J. (2014). *Estudio y diseño para la implementacion de un switch de core cisco en alta disponibilidad, utilizando un esquema de virtualización para el*

proveedor de servicios de telecomunicaciones claro conecel ecuador. Guayaquil.

SAT. (10 de 09 de 2014). *CTIC*. Obtenido de https://www.fundacionctic.org/sat/articulo-medidas-de-seguridad-basicas-iii-seguridad-en-redes-wifi

Thornycroft, P. (2013). *Gigabit Wi-Fi, 802.11ac in depth*. Aruba networks.

Valdivia, C. (2015). *Redes Telemáticas*. Ediciones Paraninfo. S.A.

Wi-Fi Alliance. (2012). *The state of Wi-Fi Security*.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla MCS 802.11ac y 802.11n más difundida

MCS Index - 802.11n and 802.11ac

802.11n 802.11ac

HT MCS Index	VHT MCS Index	Spatial Streams	Modulation	Coding	20MHz Data Rate No SGI	20MHz Data Rate SGI	40MHz Data Rate No SGI	40MHz Data Rate SGI	80MHz Data Rate No SGI	80MHz Data Rate SGI	160MHz Data Rate No SGI	160MHz Data Rate SGI
0	0	1	BPSK	1/2	6.5	7.2	13.5	15	29.3	32.5	58.5	65
1	1	1	QPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
2	2	1	QPSK	3/4	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
3	3	1	16-QAM	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
4	4	1	16-QAM	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
5	5	1	64-QAM	2/3	52	57.8	108	120	234	260	468	520
6	6	1	64-QAM	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
7	7	1	64-QAM	5/6	65	72.2	135	**150**	292.5	325	585	650
	8	1	256-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
	9	1	256-QAM	5/6	n/a	n/a	180	**200**	390	**433.3**	780	866.7
8	0	2	BPSK	1/2	13	14.4	27	30	58.5	65	117	130
9	1	2	QPSK	1/2	26	28.9	54	60	117	130	234	260
10	2	2	QPSK	3/4	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
11	3	2	16-QAM	1/2	52	57.8	108	120	234	260	468	520
12	4	2	16-QAM	3/4	78	86.7	162	180	351	390	702	780
13	5	2	64-QAM	2/3	104	115.6	216	240	468	520	936	1040
14	6	2	64-QAM	3/4	117	130.3	243	270	526.5	585	1053	1170
15	7	2	64-QAM	5/6	130	144.4	270	**300**	585	650	1170	1300
	8	2	256-QAM	3/4	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
	9	2	256-QAM	5/6	n/a	n/a	360	**400**	780	**866.7**	1560	1733.3
16	0	3	BPSK	1/2	19.5	21.7	40.5	45	87.8	97.5	175.5	195
17	1	3	QPSK	1/2	39	43.3	81	90	175.5	195	351	390
18	2	3	QPSK	3/4	58.5	65	121.5	135	263.3	292.5	526.5	585
19	3	3	16-QAM	1/2	78	86.7	162	180	351	390	702	780
20	4	3	16-QAM	3/4	117	130	243	270	526.5	585	1053	1170
21	5	3	64-QAM	2/3	156	173.3	324	360	702	780	1404	1560
22	6	3	64-QAM	3/4	175.5	195	364.5	405	n/a	n/a	1579.5	1755
23	7	3	64-QAM	5/6	195	216.7	405	**450**	877.5	975	1755	1950
	8	3	256-QAM	3/4	234	260	486	540	1053	1170	2106	2340
	9	3	256-QAM	5/6	260	288.9	540	**600**	1170	**1300**	n/a	n/a

Anexo 2. Hoja de datos punto de acceso indoor Xirrus 630

XIRRUS
WI-FI NETWORKS

TECHNICAL BRIEF

INDOOR ACCESS POINTS

With a powerful integrated controller, application level intelligence, zero-touch provisioning, and available cloud-based network management, Xirrus X, XR, XD series Access Points provide powerful Wi-Fi solutions for environments including classrooms, offices, hospitals, hotel rooms, and more. Xirrus Access Points are backward compatible and the latest model supports 802.11ac Wave 2 with Multi-User MIMO. Xirrus APs feature dual software programmable radios that deliver twice the number of 802.11ac radios compared to standard APs.

CONFIGURATION SPECIFICATIONS

	XR-500	X2	XR-600	XD2
Chassis Dimensions	7.7" Diameter, 2" H	8" Diameter, 1.82"H	7.7" Diameter, 2" H	8" Diameter, 1.82"H
Supported Standards	802.11a/b/g/n	802.11a/b/g/n/ac	802.11a/b/g/n/ac	802.11a/b/g/n/ac (Wave 2)
Total Number of Radios	2	2	2	2
Radio Type	2x2, 300Mbps	2x2, 867Mbps	XR-620: 2x2, 867Mbps XR-630: 3x3, 1.3Gbps	4x4, 1.733Gbps
MIMO Technology	SU-MIMO	SU-MIMO	SU-MIMO	MU-MIMO
Maximum Wi-Fi Bandwidth	600Mbps	1.1Gbps	XR-620: 1.7Gbps XR-630: 2.6Gbps	3.47Gbps
Wi-Fi Threat Sensor	Yes	Yes	Yes	Yes
Maximum Wi-Fi Backhaul	300Mbps	867Mbps	XR-620: 867Mbps XR-630: 1.3Gbps	1.733Gbps
Maximum Associated Devices	480	254	390	390
Wired Uplinks: 802.3ad (Aggregate traffic), broadcast, link backup (failover), load balancing	1GbE	1GbE	2-1GbE	2-1GbE
Maximum Power Consumption	12.5W	12.5W (PoE)	25.5W (PoE+)	25.5W (PoE+)
Max SSIDs	8	16	16	16
Max VLAN	32	62	64	64
Weight	1lb	2lbs	1.6lbs	1.8lbs

XIRRUS
WI-FI NETWORKS

INDOOR ACCESS POINTS

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Features[1]	Specifications	
RF Management	Dynamic channel configuration Dynamic cell size configuration Monitor radio for threat assessment and mitigation Wired and Wireless RMON / Packet Captures Radio assurance for radio self test and healing	RF monitor 2.4 & 5Ghz Honeypot Control – Increase available 2.4 & 5Ghz wireless device density through management of spurious 2.4 & 5Ghz association traffic. Re-use and increase wireless device density through tight power controls.
High Availability	Supports hot stand-by mode for mission critical areas	
Environmentally Friendly	Supports ability to turn off radios based on schedule configuration	
Wireless Protocols	IEEE 802.11a, 802.11ac[2], 802.11b, 802.11d, 802.11e, 802.11g, 802.11h, 802.11i, 802.11j, 802.11k, 802.11n, 802.11u, 802.11w	
Wired Protocols	IEEE 802.3 10BASE-T, IEEE 802.3.u 100BASE-TX , 1000BASE-T, 802.3ab 1000BASE-T IEEE 802.1q – VLAN tagging IEEE 802.3ad – Link aggregation IEEE 802.1d – Spanning tree IEEE 802.1p – Layer 2 traffic prioritization IPv6 Control – Increase wireless device density through control of unnecessary IPv6 traffic on IPv4-only networks. DHCP option 82	
Carrier Applications	Passpoint 2.0 Certification	
RFC Support	RFC 768 UDP RFC 791 IP RFC 2460 IPV6 (Bridging only) RFC 792 ICMP RFC 793 TCP	RFC 826 ARP RFC 1122 Requirements for internet hosts – communication layers RFC 1542 BOOTP RFC 2131 DHCP
Security	WPA IEEE 802.11i WPA2, RSN RFC 1321 MD5 Message-digest algorithm RFC 2246 TLS protocol version 1.0	RFC 3280 Internet X.509 PKI certificate and CRL profile RFC 4347 Datagram transport layer security RFC 4346 TLS protocol version 1.1
Encryption Types	Open, WEP, TKIP-MIC: RC4 40, 104 and 128 bits SSL and TLS: RC4 128-bit and RDA 1024 and 2048 bit	
Authentication	• IEEE 802.1x • RFC 2548 Microsoft vendor-specific RADIUS attributes • RFC 2716 PPP EAP-TLS • RFC 2865 RADIUS Authentication • RFC 2866 RADIUS Accounting • RFC 2867 Tunnel Accounting • RFC 2869 RADIUS Extensions • RFC 3576 Dynamic Authorizations extensions to RADIUS • RFC 3579 RADIUS Support for EAP • RFC 3748 EAP-PEAP	• RFC 5216 EAP-TLS • RFC 5281 EAP-TTLS • RFC 2284 EAP-GTC • RFC 4186 EAP-SIM • RFC 3748 Leap Passthrough • RFC 3748 Extensible Authentication Protocol • Web Page Authentication • WPR, Landing Page, Redirect • Support for Internal WPR, Landing Page and Authentication • Support for External WPR, Landing Page and Authentication • Support for Xirrus Guest Access System

(1) Some features may not be available on X2 APs
(2) Available only on 802.11ac platforms

Anexo 3. Hoja de datos antena externa Ruckus ZF7762

Specifications (7762, 7762-S, 7762-T)

PHYSICAL CHARACTERISTICS	
POWER	• Power over Ethernet and 12V DC
PHYSICAL SIZE	• 23.9 cm (L), 19.5 cm (W), 14.1 cm (H)
WEIGHT	• 1900 grams (4.19 lbs.)
ANTENNA	• ZF 7762: Internal software-configurable dual band antenna array with directional and omni high-gain elements that provide over 4,000 unique antenna patterns • ZF 7762-S: Internal software-configurable 2.4GHz antenna array with directional high-gain elements that provide over 24 unique antenna patterns (requires external antenna for 5 GHz operations) • ZF 7762-T: Internal software-configurable 2.4GHz antenna array with directional and omni high-gain elements that provide over 4,096 unique antenna patterns (requires external antenna for 5 GHz operations)
ETHERNET PORTS	• 2 ports, auto MDIX, auto-sensing RJ-45 • 10/100/1000 Mbps Power over Ethernet (802.3at) input • 10/100 Mbps Power over Ethernet (802.3af) output
ENVIRONMENTAL CONDITIONS	• IP-67 rated • Operating air temperature: -40°C – 65° C (-40°F – 149°F), -20°C when heater disabled • Operating humidity: 5% to 100% condensing
POWER DRAW	• 12.95W (PoE) • 15W (12V DC)

RF (7762, 7762-S)	
ANTENNA	• Adaptive antenna array that provides 4,000+ unique antenna patterns (24 for the sectorized version)
PHYSICAL ANTENNA GAIN	• 7762: 3 dBi (2.4 GHz) • 7762: 3dBi internal; Up to 5dBi external (5GHz) • 7762-S: 7 dBi (2.4 GHz) • 7762-S: 5 dBi (5 GHz)
RF POWER OUTPUT**	• 28 dBm (2.4 GHz) • 26 dBm (5 GHz)
BEAMFLEX* SINR TX GAIN	• Up to 6 dB
BEAMFLEX* SINR RX GAIN	• Up to 4 dB
INTERFERENCE MITIGATION	• Up to 15 dB
MINIMUM RX SENSITIVITY	• Up to -95 dBm

*BeamFlex gains are statistical system level effects translated to enhanced SINR here, and based on observations over time in real-world conditions with multiple APs and many clients
** Maximum power varies by country

RF (7762-T)	
ANTENNA	• Adaptive antenna array that provides 4,000+ unique antenna patterns
PHYSICAL ANTENNA GAIN	• 5 dBi (2.4 GHz) • 5 dBi (5 GHz)
RF POWER OUTPUT**	• 28 dBm (2.4 GHz) • 26 dBm (5 GHz)
BEAMFLEX* SINR TX GAIN	• Up to 6 dB
BEAMFLEX* SINR RX GAIN	• Up to 4 dB
INTERFERENCE MITIGATION	• Up to 15 dB
MINIMUM RX SENSITIVITY	• Up to -95 dBm

*BeamFlex gains are statistical system level effects translated to enhanced SINR here, and based on observations over time in real-world conditions with multiple APs and many clients
** Maximum power varies by country

CAPACITY	
CONCURRENT STATIONS	• 256
SIMULTANEOUS VoIP CLIENTS	• Up to 20

MANAGEMENT	
DEPLOYMENT OPTIONS	• Standalone (individually managed) • Managed by ZoneDirector • Managed by FlexMaster
CONFIGURATION	• Web User Interface (HTTP/S) • CLI (Telnet/SSH), SNMP v1, 2, 3 • TR-069 via FlexMaster

WI-FI	
STANDARDS	• IEEE 802.11a/b/g/n • 2.4GHz and 5GHz concurrent operation
SUPPORTED DATA RATES	• **802.11n:** 6.5Mbps – 130Mbps (20MHz) 6.5Mbps – 300Mbps (40MHz) • **802.11a:** 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6 Mbps • **802.11b:** 11, 5.5, 2 and 1 Mbps • **802.11g:** 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6 Mbps
RADIO CHAINS	• 3 x 3: 2
FREQUENCY BAND	• IEEE 802.11n: 2.4 – 2.484 GHz and 5.15 – 5.85 GHz • IEEE 802.11a: 5.15 – 5.875 GHz • IEEE 802.11b: 2.4 – 2.484 GHz
BSSID	• Up to eight per radio (16 total)
WIRELESS SECURITY	• WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i • Authentication via 802.1X, local authentication database, support for RADIUS and ActiveDirectory
CERTIFICATIONS	• U.S., Europe, Australia, Brazil, Canada, China, Egypt, Hong Kong, India, Japan, Korea, Malaysia, Mexico, New Zealand, Philippines, Singapore, South Africa, Taiwan, Thailand, UAE, Vietnam • WEEE/RoHS compliance • Wi-Fi Alliance Certification (Wi-Fi Certified®)

Product Ordering Information

MODEL	DESCRIPTION
ZoneFlex 7762 Series 802.11n Outdoor Access Points	
901-7762-XX01	7762: Centrally managed concurrent dual band 802.11n outdoor access point, includes universal pole/wall/ceiling mounting bracket (902-0165-0000) and power injector.
901-7762-XX91	7762-T: Centrally managed concurrent dual band 802.11n outdoor access point, includes universal pole/wall/ceiling mounting bracket (902-0165-0000) and power injector.
901-7762-XX51	7762-S: Centrally managed concurrent dual band 802.11n outdoor access point, includes universal pole/wall/ceiling mounting bracket (902-0165-0000) and power injector.
Optional Accessories	
911-1212-DP01	5 GHz directional antenna, dual-polarized 12.5 dBi gain and 120 degrees 3 dBm beam width*
911-0636-VP01	5 GHz Omni-directional antenna, vertically polarized, 5.5 dBi
911-0536-HP01	5 GHz Omni-directional antenna, horizontally polarized, 5 dBi
911-0636-VH01	Bundle of one 911-0636-VP01 and one 911-0536-HP01
902-0165-0000	Universal pole/wall/ceiling mounting bracket, spare (sold in quantities of 10)
902-0166-0000	Flat mounting bracket
902-0180-XX00	PoE injector, spare (sold in quantities of 10 or 100)

PLEASE NOTE: When ordering you must specify the destination region by indicating -US, -WW, or -IL.

Copyright © 2015, Ruckus Wireless, Inc. All rights reserved. Ruckus Wireless and Ruckus Wireless design are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. Ruckus Wireless, the Ruckus Wireless logo, BeamFlex, ZoneFlex, MediaFlex, MetroFlex, FlexMaster, ZoneDirector, SpeedFlex, SmartCell, and Dynamic PSK are trademarks of Ruckus Wireless, Inc. in the United States and other countries. All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. 801-70586-001 rev 13

Ruckus Wireless, Inc.
350 West Java Drive
Sunnyvale, CA 94089 USA
(650) 265-4200 Ph \ (408) 738-2065 Fx

Ruckus
Simply Better Wireless.

www.ruckuswireless.com

Specifications (7762-S-AC & 7762-AC)

PHYSICAL CHARACTERISTICS	
POWER	• Power over Ethernet and 100-240 VAC, 50/60Hz
PHYSICAL SIZE	• 23.9 cm (L), 19.5 cm (W), 14.1 cm (H)
WEIGHT	• 2177 grams (4.8 lbs.)
ANTENNA	• ZF 7762-AC: Internal software-configurable dual band antenna array with directional and omni high-gain elements that provide over 4,000 unique antenna patterns • ZF 7762-S-AC: Internal software-configurable 2.4 GHz antenna array with directional high-gain elements that provide over 24 unique antenna patterns (requires external antenna for 5 GHz operations)
ETHERNET PORTS	• 2 ports, auto MDX, auto-sensing RJ-45 • 10/100/1000 Mbps Power over Ethernet (802.3at) input • 10/100 Mbps Power over Ethernet (802.3af) output
ENVIRONMENTAL CONDITIONS	• IP-67 rated • Operating air temperature: -40°C – 65° C (-40°F – 149°F), -20°C when heater disabled • Operating humidity: 5% to 100% condensing
POWER DRAW	• 12.95W (PoE) • 14W typical / 43W peak (AC)

RF (7762-AC)	
ANTENNA	• Adaptive antenna array that provides 4,000+ unique antenna patterns
PHYSICAL ANTENNA GAIN	• 3dBi internal; Up to 5dBi external (5GHz)
RF POWER OUTPUT**	• 28 dBm (2.4 GHz) • 26 dBm (5 GHz)
BEAMFLEX* SINR TX GAIN	• Up to 6 dB
BEAMFLEX* SINR RX GAIN	• Up to 4 dB
INTERFERENCE MITIGATION	• Up to 15 dB
MINIMUM RX SENSITIVITY	• Up to -96 dBm

*BeamFlex gains are statistical system level effects translated to enhanced SINR here, and based on observations over time in real-world conditions with multiple APs and many clients

**Maximum power varies by country

RF (7762-S-AC)	
ANTENNA	• Adaptive antenna array that provides 24 unique antenna patterns
PHYSICAL ANTENNA GAIN	• Up to 7 dBi (2.4 GHz) • Up to 5 dBi (5 GHz)
RF POWER OUTPUT**	• 28 dBm (2.4 GHz) • 26 dBm (5 GHz)
BEAMFLEX* SINR TX GAIN	• Up to 6 dB
BEAMFLEX* SINR RX GAIN	• Up to 4 dB
INTERFERENCE MITIGATION	• Up to 15 dB
MINIMUM RX SENSITIVITY	• Up to -96 dBm

*BeamFlex gains are statistical system level effects translated to enhanced SINR here, and based on observations over time in real-world conditions with multiple APs and many clients

**Maximum power varies by country

CAPACITY	
CLIENT SUPPORT	• 500
SIMULTANEOUS VoIP CLIENTS	• Up to 20

MANAGEMENT	
DEPLOYMENT OPTIONS	• Standalone (individually managed) • Managed by ZoneDirector • Managed by FlexMaster
CONFIGURATION	• Web User Interface (HTTP/S) • CLI (Telnet/SSH), SNMP v1, 2, 3 • TR-069 via FlexMaster

Wi-Fi	
STANDARDS	• IEEE 802.11a/b/g/n • 2.4GHz and 5GHz concurrent operation
SUPPORTED DATA RATES	• **802.11n:** 6.5Mbps – 130Mbps (20MHz) 6.5Mbps – 300Mbps (40MHz) • **802.11a:** 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6 Mbps • **802.11b:** 11, 5.5, 2 and 1 Mbps • **802.11g:** 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9 and 6 Mbps
RADIO CHAINS	• 3 x 3:2
FREQUENCY BAND	• IEEE 802.11n: 2.4 – 2.484 GHz and 5.15 – 5.85 GHz • IEEE 802.11a: 5.15 – 5.875 GHz • IEEE 802.11b: 2.4 – 2.484 GHz
BSSID	• Up to eight per radio (16 total)
POWER SAVE	• Supported
WIRELESS SECURITY	• WEP, WPA-PSK, WPA-TKIP, WPA2 AES, 802.11i • Authentication via 802.1X, local authentication database, support for RADIUS and ActiveDirectory
CERTIFICATIONS	• U.S., Europe, Australia, Brazil, Canada, China, Egypt, Hong Kong, India, Japan, Korea, Malaysia, Mexico, New Zealand, Philippines, Singapore, South Africa, Taiwan, Thailand, UAE, Vietnam • WEEE/RoHS compliance • Wi-Fi Alliance Certification (Wi-Fi Certified®)

Product Ordering Information

MODEL	DESCRIPTION
ZoneFlex 7762-AC and 7762-S-AC 802.11n Outdoor Access Points	
901-7762-XX03	7762-AC: Centrally managed concurrent dual band 802.11n outdoor access point, includes any angle pole/wall mounting bracket (902-0182-0003)
901-7762-XX53	7762-S-AC: Centrally managed concurrent dual band 802.11n outdoor access point, includes any angle pole/wall mounting bracket (902-0182-0003)
Optional Accessories	
902-0182-0003	Spare outdoor mounting bracket, bare metal, any angle
902-0180-XX00	60W PoE injector 10/100/1000 Mbps with country-specific power cord
902-0183-0000	Spare data connector with weatherizing cable gland
902-0185-0000	Spare weatherized AC connector

PLEASE NOTE: When ordering you must specify the destination region by indicating -US, -WW, or -IL

Ruckus
Simply Better Wireless.

Copyright © 2015, Ruckus Wireless, Inc. All rights reserved. Ruckus Wireless and Ruckus Wireless design are registered in the U.S. Patent and Trademark Office. Ruckus Wireless, the Ruckus Wireless logo, BeamFlex, ZoneFlex, MediaFlex, MetroFlex, FlexMaster, ZoneDirector, SpeedFlex, SmartCast, and Dynamic PSK are trademarks of Ruckus Wireless, Inc. in the United States and other countries. All other trademarks mentioned in this document or Website are the property of their respective owners. 801-70680-001 rev 13

Ruckus Wireless, Inc.
350 West Java Drive
Sunnyvale, CA 94089 USA
(650) 265-4200 Ph \ (408) 738-2065 Fx

www.ruckuswireless.com

Anexo 4. Configuración Firewall PFsense

Creación de VLAN

Pfsense brinda soporte para 802.1q etiquetas de tráfico. La red de la U.E.S.C.S. se divide en VLAN por lo que el firewall debe disponer de enlaces troncales para la circulación del tráfico etiquetado.

La figura muestra las interfaces por defecto del firewall y la pestaña VLAN en la que se realiza la configuración.

La configuración de VLAN requiere un número de VLAN que debe coincidir con el asignado a los switch, puntos de acceso en la infraestructura y un nombre de VLAN

A continuación se muestra las VLAN creadas para la institución

Configuración Freeradius

Configuración de cliente freeradius, se ingresa la dirección del servidor de acceso NAS en este caso es la dirección IP del Firewal PFesnse, con un nombre y contraseña que debe ser difundida en todos los puntos de acceso que operen bajo el portal cautivo

General Configuration	
Client IP Address	172.16.1.1 Enter the IP address of the RADIUS client. This is the IP of the NAS (switch, access point, firewall, router, etc.).
Client IP Version	IPv4
Client Shortname	captive Enter a short name for the client. This is generally the hostname of the NAS.
Client Shared Secret	********** Enter the shared secret of the RADIUS client here. This is the shared secret (password) which the NAS (switch or accesspoint) needs to communicate with the RADIUS server. FreeRADIUS is limited to 31 characters for the shared secret.

Miscellaneous Configuration	
Client Protocol	UDP Enter the protocol the client uses. (Default: UDP)
Client Type	other Enter the NAS type of the client. This is used by checkrad.pl for simultaneous use checks. (Default: other)
Require Message Authenticator	No RFC5080 requires Message-Authenticator in Access-Request. But older NAS (switches or accesspoints) do not include that. (Default: no)
Max Connections	100 Takes only effect if you use TCP as protocol. This is the mirror of "Max Requests Server" from "Settings" tab. (Default 16)
NAS Login	If your NAS supports it you can use SNMP or finger for simultaneous-use checks instead of (s)radutmp file and accounting. Leave empty to choose (s)radutmp. (Default: empty)

NAS Password	If your NAS supports it you can use SNMP or finger for simultaneous-use checks instead of (s)radutmp file and accounting. Leave empty to choose (s)radutmp. (Default: empty)
Description	captive Enter any description you like for this client.

La pestaña interfaces muestra los puertos por los que el servicio freeradius enviara los mensajes de autenticación 1812 y auditoría 1813 que son valores por defecto del protocolo RADIUS

Configuración Portal Cautivo

☐ **Enable captive portal**

Interfaces	WAN RED_LAN AULAS LABORATORIOS ADIMISTRATIVOS GESTION WIFI_EST WIFI_DOC WIFIINVITADO Select the interface(s) to enable for captive portal.
Maximum concurrent connections	50 per client IP address (0 = no limit) This setting limits the number of concurrent connections to the captive portal HTTP(S) server. This does not set how many users can be logged in to the captive portal, but rather how many users can load the portal page or authenticate at the same time! Possible setting allowed is: minimum 4 connections per client IP address, with a total maximum of 100 connections.
Idle timeout	20 minutes Clients will be disconnected after this amount of inactivity. They may log in again immediately, though. Leave this field blank for no idle timeout.
Hard timeout	60 minutes Clients will be disconnected after this amount of time, regardless of activity. They may log in again immediately, though. Leave this field blank for no hard timeout (not recommended unless an idle timeout is set).
Logout popup window	☐ **Enable logout popup window**
Concurrent user logins	☑ **Disable concurrent logins**
Per-user bandwidth restriction	☐ **Enable per-user bandwidth restriction** Default download 2048 Kbit/s Default upload 256 Kbit/s If this option is set, the captive portal will restrict each user who logs in to the specified default bandwidth. RADIUS can override the default

	settings. Leave empty or set to 0 for no limit.
Authentication	○ No Authentication ○ Local User Manager / Vouchers ☑ Allow only users/groups with 'Captive portal login' privilege set ◉ RADIUS Authentication RADIUS Protocol: ◉ PAP ○ CHAP_MD5 ○ MSCHAPv1 ○ MSCHAPv2

Primary Authentication Source	
Primary RADIUS server	
IP address	172.16.1.1 Enter the IP address of the RADIUS server which users of the captive portal have to authenticate against.
Port	1812 Leave this field blank to use the default port (1812).
Shared secret	********** Leave this field blank to not use a RADIUS shared secret (not recommended).
Accounting	
	☑ **send RADIUS accounting packets** If this is enabled, RADIUS accounting packets will be sent to the primary RADIUS server.
Accounting port	1813 Leave blank to use the default port (1813).

	Accounting updates: ◉ no accounting updates; ○ stop/start accounting; ○ interim update
	RADIUS options
	Reauthentication: ☑ **Reauthenticate connected users every minute** If reauthentication is enabled, Access-Requests will be sent to the RADIUS server for each user that is logged in every minute.
	RADIUS NAS IP attribute: AULAS - 172.16.1.1 Choose the IP to use for calling station attribute.
	Session-Timeout: ☑ **Use RADIUS Session-Timeout attributes** When this is enabled, clients will be disconnected after the amount of time retrieved from the RADIUS Session-Timeout attribute.
Portal page contents	View current page Download current page Restore default portal page Upload an HTML/PHP file for the portal page here (leave blank to keep the current one). Make sure to include a form (POST to "$PORTAL_ACTION$") with a submit button (name="accept") and a hidden field with name="redirurl" and value="$PORTAL_REDIRURL$". Include the "auth_user" and "auth_pass" and/or "auth_voucher" input fields if authentication is enabled, otherwise it will always fail. Example code for the form:
Authentication error page contents	View current page Download current page Restore default error page
Logout page contents	The contents of the HTML/PHP file that you upload here are displayed on authentication success when the logout popup

Registro de usuarios

General Configuration	
Username	mail@spellman.edu.e Enter the username. Whitespace is possible. If you do not want to use username/password but custom options then leave this field empty.
Password	********** Enter the password for this username. If you do not want to use username/password but custom options then leave this field empty.
Password encryption	Cleartext-Password Select the password encryption for this user. Default: Cleartext-Password
Enable One-Time-Password for this user	☑

Usuarios con privilegios se administra anchos de banda superiores para emplear configuración por defecto del portal cautivo se deja estos campos en blanco

Traffic and Bandwidth	
Time Period	Daily Select the time period for the amount of download and upload traffic. This does not automatically reset the counter. You need to setup a cronjob (with cron package) which will reset the counter. Read the documentation!
Maximum Bandwidth Down	4 Enter the maximum bandwidth for download in **KiloBits** per second.
Maximum Bandwidth Up	4 Enter the maximum bandwidth for upload in **KiloBits** per second.

Anexo 5. Hoja de datos punto de acceso Meraki

MR34 cloud managed 802.11ac

Specifications

Radios

One 2.4 GHz 802.11b/g/n, one 5 GHz 802.11a/n/ac, and one dedicated for dual-band WIPS & spectrum analysis

Concurrent operations of all three radios

Max data rate 1.75 Gbit/s

Operating bands:

FCC (US)	CE (Europe)
2.412-2.484 GHz	2.412-2.484 GHz
5.15-5.25 GHz (U-NII-1)	5.15-5.25 GHz (U-NII-1)
5.25-5.35 GHZ (U-NII-2)	5.25-5.35 GHZ (U-NII-2)
5.47-5.6, 5.66-5.725 GHz (U-NII-2e)	5.47-5.6, 5.66-5.725 GHz (U-NII-2e)
5.725 -5.825 GHz (U-NII-3)	

802.11ac and 802.11n Capabilities

3 x 3 multiple input, multiple output (MIMO) with three spatial streams

Maximal ratio combining (MRC)

Beamforming

20 and 40 MHz channels (802.11n), 20, 40, and 80 MHz channels (802.11ac)

Packet aggregation

Power Input

Power over Ethernet: 37 - 57 V (802.3at compatible, with functionality-restricted 802.3af mode supported)

12 V DC

Power consumption: 18W max (802.3at), 13.87W max (802.3af)

Mounting

All standard mounting hardware included

Desktop and wall mount

Ceiling tile rail (9/16, 15/16 or 1 ½" flush or recessed rails), assorted cable junction boxes

Bubble level on mounting cradle for accurate horizontal wall mounting

Physical Security

Two included security screw options

Kensington lock hard point

Anti-tamper cable bay

Concealed mount plate

Environment

Operating temperature: 32 °F to 104 °F (0 °C to 40 °C)

Humidity: 5 to 95% non-condensing

Physical Dimensions

10.0" x 6.1" x 1.5" (253.4 mm x 155.8 mm x 37.1 mm), not including desktop feet or mount plate

Weight: 25 oz (0.7kg)

Antenna

Integrated omni-directional antennas

Interfaces

1x 100/1000Base-T Ethernet (RJ45)

1x DC power connector (5 mm x 2.1 mm, center positive)

Security

Integrated policy firewall (Identity Policy Manager)

Mobile device policies

Air Marshal: Real-time WIPS (wireless intrusion prevention system) with alarms

Rogue AP containment

Guest isolation

Teleworker VPN with IPsec

PCI compliance reporting

WEP, WPA, WPA2-PSK, WPA2-Enterprise with 802.1X

TKIP and AES encryption

VLAN tagging (802.1Q)

Quality of Service

Wireless Quality of Service (WMM/802.11e)

Advanced Power Save (U-APSD)

DSCP

802.1P

Layer 7 application traffic shaping and firewall

Mobility

PMK and OKC credential support for fast Layer 2 roaming

802.1r and 802.11k

L3 roaming

LED Indicators

2 Ethernet status

1 power/booting/firmware upgrade status

Regulatory

Anatel (Brazil), FCC (US), IC (Canada), CE (Europe), C-Tick (Australia/New Zealand)

RoHS

For additional country-specific regulatory information, please contact Meraki sales

Warranty

Lifetime hardware warranty with advanced replacement included

Ordering Information

MR34-HW	Meraki MR34 Cloud Managed AP
AC-MR-NXX	Meraki AC Adapter for MR Series (XX = US, EU, UK or AU)
MA-INJ-4-XX	Cisco Meraki 802.3at PoE Injector (XX = US, EU, UK or AU)

Note: Meraki Enterprise license required.

3 Cisco Systems, Inc. | 500 Terry A. Francois Blvd, San Francisco, CA 94158 | (415) 432-1000 | sales@meraki.com

RF Performance Tables

Operating Band	Operating Mode	Data Rate	TX Power	RX Sensitivity
2.4 GHz	802.11b	1 Mbps	16 dBm	-87 dBm
		2 Mbps	16 dBm	-87 dBm
		5.5 Mbps	16 dBm	-87 dBm
		11 Mbps	16 dBm	-87 dBm
2.4 GHz	802.11g	6 Mbps	18 dBm	-90 dBm
		9 Mbps	18 dBm	-89 dBm
		12 Mbps	18 dBm	-87 dBm
		18 Mbps	18 dBm	-85 dBm
		24 Mbps	16 dBm	-82 dBm
		36 Mbps	16 dBm	-78 dBm
		48 Mbps	16 dBm	-74 dBm
		54 Mbps	16 dBm	-73 dBm
2.4 GHz	802.11n (HT20)	MCS 0/8/16	18/21/22 dBm	-88/-91/-92 dBm
		MCS 1/9/17	18/21/22 dBm	-85/-88/-89 dBm
		MCS 2/10/18	18/21/22 dBm	-83/-86/-87 dBm
		MCS 3/11/19	17/20/22 dBm	-80/-83/-84 dBm
		MCS 4/12/20	17/20/22 dBm	-76/-79/-80 dBm
		MCS 5/13/21	16/19/20 dBm	-72/-75/-76 dBm
		MCS 6/14/22	15/18/19 dBm	-71/-74/-75 dBm
		MCS 7/15/23	15/18/19 dBm	-70/-73/-74 dBm
2.4 GHz	802.11n (HT40)	MCS 0/8/16	16/19/21 dBm	-86/-89/-90 dBm
		MCS 1/9/17	16/19/21 dBm	-82/-85/-86 dBm
		MCS 2/10/18	16/19/21 dBm	-80/-83/-84 dBm
		MCS 3/11/19	16/19/21 dBm	-77/-80/-81 dBm
		MCS 4/12/20	16/19/21 dBm	-73/-76/-77 dBm
		MCS 5/13/21	15/18/20 dBm	-69/-72/-73 dBm
		MCS 6/14/22	15/18/19 dBm	-68/-71/-72 dBm
		MCS 7/15/23	15/18/19 dBm	-66/-69/-70 dBm
5 GHz	802.11a	6 Mbps	24 dBm	-95 dBm
		9 Mbps	24 dBm	-93 dBm
		12 Mbps	24 dBm	-91 dBm
		18 Mbps	24 dBm	-89 dBm
		24 Mbps	23 dBm	-86 dBm
		36 Mbps	23 dBm	-82 dBm
		48 Mbps	23 dBm	-78 dBm
		54 Mbps	23 dBm	-76 dBm
5 GHz	802.11n (HT20)	MCS 0/8/16	20/23/24 dBm	-93/-96/-97 dBm
		MCS 1/9/17	20/23/24 dBm	-89/-92/-93 dBm
		MCS 2/10/18	20/23/24 dBm	-87/-90/-91 dBm
		MCS 3/11/19	20/23/24 dBm	-84/-87/-88 dBm
		MCS 4/12/20	19/22/23 dBm	-80/-83/-84 dBm
		MCS 5/13/21	19/22/23 dBm	-76/-79/-80 dBm
		MCS 6/14/22	18/21/22 dBm	-75/-78/-79 dBm
		MCS 7/15/23	17/20/21 dBm	-73/-76/-77 dBm
5 GHz	802.11n (HT40)	MCS 0/8/16	20/23/24 dBm	-90/-93/-94 dBm
		MCS 1/9/17	20/23/24 dBm	-86/-89/-90 dBm
		MCS 2/10/18	20/23/24 dBm	-84/-87/-88 dBm
		MCS 3/11/19	20/23/24 dBm	-81/-84/-85 dBm
		MCS 4/12/20	19/22/23 dBm	-77/-80/-81 dBm
		MCS 5/13/21	19/22/23 dBm	-73/-76/-77 dBm
		MCS 6/14/22	18/21/22 dBm	-72/-75/-76 dBm
		MCS 7/15/23	17/20/21 dBm	-71/-74/-75 dBm

MR72 cloud managed 802.11ac

Specifications

Radios

One 2.4 GHz 802.11b/g/n, one 5 GHz 802.11a/n/ac, one dedicated for dual-band WIPS & spectrum analysis, and one dedicated to Bluetooth low energy (2.4 GHz)

Concurrent operations of all radios

Max data rate 1.2 Gbit/s

Operating bands:

FCC (US)	CE (Europe)
2.412-2.484 GHz	2.412-2.484 GHz
5.150-5.250 GHz (UNII-1)	5.150-5.250 GHz (UNII-1)
5.725 -5.825 GHz (UNII-3)	5.250-5.350 GHZ (UNII-2)
	5.470-5.600, 5.660-5.725 GHz (UNII-2e)

802.11ac and 802.11n Capabilities

2 x 2 multiple input, multiple output (MIMO) with two spatial streams

Maximal ratio combining (MRC)

Beamforming

20 and 40 MHz channels (802.11n), 20, 40, and 80 MHz channels (802.11ac)

Packet aggregation

Power

Power over Ethernet: 37 - 57 V (802.3af compatible)

Power consumption: 13.87 W max (802.3at)

Power over Ethernet injector sold separately

Mounting

Mounts to walls and vertical poles.

Mounting hardware included

Physical Security

Security screw included

Anti-tamper cable bay

Concealed mount plate

Environment

Operating temperature: -40 °F to 140 °F (-40 °C to 60 °C)

IP67 environmental rating

Physical Dimensions

10.1" x 6.22" x 3.3" (256 mm x 158 mm x 83 mm) including mounting bracket

Weight: 3.1 lbs. (1.4 kg)

Interfaces

1 x 100/1000Base-T Ethernet (RJ45)

Four external N-type female antenna connectors

Security

Integrated policy firewall (Identity Policy Manager)

Mobile device policies

Air Marshal: Real-time WIPS (wireless intrusion prevention system) with alarms

Rogue AP containment

Guest isolation

Teleworker VPN with IPsec

PCI compliance reporting

WEP, WPA, WPA2-PSK, WPA2-Enterprise with 802.1X

TKIP and AES encryption

VLAN tagging (802.1q)

Quality of Service

Advanced Power Save (U-APSD)

DSCP

802.1p

Layer 7 application traffic shaping and firewall

Mobility

PMK and OKC credential support for fast Layer 2 roaming

L3 roaming

LED Indicators

1 power/booting/firmware upgrade status

Regulatory

RoHS

For country-specific regulatory information, please contact Meraki sales

Warranty

1 year hardware warranty with advanced replacement included

Ordering Information

MR72-HW	Meraki MR72 Cloud Managed 802.11ac AP
MA-INJ-4-XX	Meraki 802.3at Power over Ethernet Injector (XX = US/EU/UK/AU)
MA-ANT-20	Meraki Dual-Band Omni Antennas
MA-ANT-21	Meraki 5 GHz Sector Antenna
MA-ANT-23	Meraki 2.4 GHz Sector Antenna
MA-ANT-25	Meraki Dual-Band Patch Antenna

Note: Meraki Enterprise license required.

3 Cisco Systems, Inc. | 500 Terry A. Francois Blvd, San Francisco, CA 94158 | (415) 432-1000 | sales@meraki.com

RF Performance Table

Operating Band	Operating Mode	Data Rate	TX Power	RX Sensitivity
2.4 GHz	802.11b	11 Mb/s	19 dBm	-84
2.4 GHz	802.11g	6 Mb/s	17 dBm	-87
		54 Mb/s	17 dBm	-70
2.4 GHz	802.11n (HT20)	MCS0/8/16 HT20	18 dBm	-85
		MCS7/15/23 HT20	15 dBm	-67
2.4 GHz	802.11n (HT40)	MCS0/8/16 HT40	18 dBm	-83
		MCS7/15/23 HT40	15 dBm	-63
5 GHz	802.11a	6 Mb/s	20 dBm	-92
		54 Mb/s	18 dBm	-73
5 GHz	802.11n (HT20)	MCS0/8/16 HT20	20 dBm	-90
		MCS7/15/23 HT20	17 dBm	-70
5 GHz	802.11n (HT40)	MCS0/8/16 HT40	20 dBm	-87
		MCS7/15/23 HT40	17 dBm	-68
5 GHz	802.11ac (HT80)	VHT-MCS0/8/16 HT80	20 dBm	-84
		VHT-MCS9/15/23 HT80	15 dBm	-58

* Maximum hardware capability shown above. Transmit power is configurable in increments of 1 dB and is automatically limited to comply with local regulatory settings.

Anexo 6. Ubicación puntos de acceso

Equipo	Ubicación	Descripción	Switch	Puerto
AP1	Básica 2 planta 3	Pasillo central junto a 10mo de básica C	B2-Sw4	20
AP2	Básica 2 planta 3	Pasillo central entre gradas de acceso y laboratorio de ingles	B2-Sw4	19
AP3	Básica 2 planta 2	Pasillo central entre 9no de básica B y DOBE octavos y novenos	B2-Sw3	20
AP4	Básica 2 planta 2	Pasillo central entre rectorado sección básica y sla de ingles	B2-Sw3	19
AP5	Básica 2 planta 1	Pasillo central entre sala de profesores y 8vo de básica B	B2-Sw2	20
AP6	Básica 2 planta 1	Pasillo central entre Inspección sección básica y baños	B2-Sw2	19
AP7	Básica 2 planta baja	Sala de pastoral juvenil	B2-Sw2	20
AP8	Básica 2 planta baja	Gradas de acceso junto a rectorado	B2-Sw2	19
AP9	Administración	Sala de espera junto a departamento de contabilidad	Ad-Sw2	20
AP10	Bachillerato planta 2	Pasillo junto a DOBE sección bachillerato	BG-Sw4	20
AP11	Bachillerato planta 1	Auditorio B	BG-Sw3	20
AP12	Bachillerato planta 1	Pasillo junto a inspección general sección bachillerato	BG-Sw3	19
AP13	Bachillerato planta baja	Cafetería	BG-Sw1	20
AP14	Bachillerato planta baja	P'asillo acceso a laboratorios de química, física y biologia	BG-Sw4	19
AP15	Básica 1	Sala de ingles	B1-Sw1	20
AP16	Básica 1	Sala de profesores	B1-Sw1	19
AP17	Bachillerato terraza	Extremo derecho en relación a la vista desde el patio principal	BG-Sw1	21
AP18	Coliseo Terraza	Extremo izquierdo coliseo en realcion a la vista desde el patio principal	B2-Sw1	21

Anexo 7. Carta de conformidad por parte de la U.E.S.C.S

Unidad Educativa Salesiana

Cardenal Spellman

San Patricio. Cumbaya. Casilla: 17-12-869, telefax: (593-2) 3560-002, 3560-003
Quito – Ecuador, e-mail: informacion@spellman.edu.ec – web: www.spellman.edu.ec

CERTIFICACIÓN

La Administración conjuntamente con el Departamento de Sistemas de la Unidad Educativa Salesiana Cardenal Spellman, certifican que el señor: ALEX GUILLERMO ALVAREZ CHAMORRO con cédula 1724532369, realizó y concluyó el Proyecto con el Tema: Análisis y Diseño de Red Inalámbrica. Dicho proyecto cumple con los requerimientos y normas establecidos por el plantel.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.

Cumbayá, 16 de febrero de 2016.

Mónica Ruiz
ADMINISTRADORA

Xavier Granda
SISTEMAS

UNIDAD EDUCATIVA SALESIANA "CARDENAL SPELLMAN" ADMINISTRACIÓN Cumbayá - Ecuador