

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

Bibliotecas Bucaramanga
Universidad Santo Tomás

ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA WLAN INSTITUCIONAL
CASO: COLEGIO CENTRO PILOTO SIMÓN BOLÍVAR

JAVIER EDUARDO SANDOVAL SUÁREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
JUNIO DE 2015

ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA WLAN INSTITUCIONAL
CASO: COLEGIO CENTRO PILOTO SIMÓN BOLÍVAR

Proyecto de grado presentado para optar al título de ingeniero de
telecomunicaciones.

JAVIER EDUARDO SANDOVAL SUÁREZ

MS. TITO RAÚL VARGAS HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

julio de 2015

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga 4 de junio del 2015

DEDICATORIA

El presente proyecto como fruto del proceso académico dirigido por un excelente grupo docente e impulsado por el apoyo de mi núcleo familiar, quiero dedicarlo especialmente a ellos, quienes incondicionalmente con su incansable disciplina y grandeza espiritual potenciaron mi idea hacia el profesionalismo e hicieron parte de cada etapa de carrera en un largo camino con altos y bajos hasta el alcance de mi meta.

Especialmente a mi madre quien siempre velo por mi buena educación personal y formación académica, por creer en mí, sin dudar de mis capacidades e inteligencia esperando como nadie este momento, madre te amo.

A mi padre, mis hermanos por sus consejos, su apoyo, por ser los pilares de mi vida.

A Katherine, por su incondicional compañía.

Y a todos aquellos lectores que por accidente llegaron a ojear este documento.

AGRADECIMIENTOS

Es difícil en pocas líneas agradecer a todos aquellos quienes de alguna manera u otra hicieron parte de esta etapa de mi vida, quizás son más los que de mi memoria en este momento se escapan pero no por eso dejare de estar igualmente agradecido.

Especialmente y con una sonrisa en el rostro a mi madre quien siempre velo por mi buena educación personal y formación académica además por esperar como nadie este momento, madre te amo.

A mi Padre mis hermanos por estar siempre presentes en cada uno y todos los momentos de esta etapa de mi vida.

A Katherine, por su incondicional compañía.

Al Ing. Tito Raúl Vargas, Ms. quien apoyó la realización del proyecto y como director con su inagotable compromiso académico fue pieza fundamental para orientar el proceso hasta materializar con éxito lo que fuera meses atrás una idea.

Al cuerpo docente de la Universidad Santo Tomas en especial de la facultad de ingeniería de telecomunicaciones como ejemplo de vida dentro de mi formación personal más allá de lo académico hacia un futuro profesional, por lo cual obviamente estoy inmensamente agradecido.

A la Rectoría del Centro Piloto Simón Bolívar por autorizar la realización del proyecto de implementación WLAN en las instalaciones del colegio y apoyar el proceso de desarrollo, de igual forma a los docentes y estudiantes que hicieron su aporte al proceso.

A Dios por darme una familia maravillosa y demás privilegios, porque me ha dado voluntad para perseguir mis sueños, disciplina e ingenio para verlos hechos realidad.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	18
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2 JUSTIFICACIÓN	19
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2. MARCO REFERENCIAL	21
2.1 IEEE 802.11 WLAN (Wireless Local Area Network)	21
2.1.1 Conceptos básicos.	21
2.2 Modelo referencial OSI	33
2.2.1 Formato de la trama MAC	33
2.2.2 Tramas de control	34
2.3 CABLEADO EN LAN	35
2.3.1 Power over Ethernet (PoE)	36
2.4 SEGURIDAD EN WLAN.	37
2.4.1 Amenazas a la seguridad inalámbrica	37
2.4.2 Protocolos de seguridad inalámbrica	38
2.4.3 Protección de una WLAN	39
2.5 BENEFICIOS DE LAS REDES LAN INALÁMBRICAS	40
2.6 ESTADO DEL ARTE.	41
2.6.1 Nuevos estándares, velocidades más altas	43
2.6.2 WLAN 80211.n	44
2.6.3 WLAN 80211.ac	45
2.7 APLICACIONES WLAN	45
2.7.1 WLAN en la cotidianidad	45
2.7.2 WLAN en el sector Salud.	47
2.7.3 WLAN en el sector educación	49
2.8 DESCUBRIENDO WI-FI	49
2.8.1 WI-FI Direct.	49
2.8.2 Wi-Fi PassPoint.	50
2.8.3 Wi-Fi Protected setup.	50
2.8.4 Miracast.	50
2.8.5 Wi-Gig	51
2.9 BYOD (Bring Your Own Device)	51
3. DISEÑO METODOLOGICO	53
3.1 IMPLEMENTACIÓN DE WLAN 802.11	53
3.1.1 Evaluación de requerimientos y elección de la tecnología indicada	53
3.1.2 Planeación y diseño de la WLAN.	54

	Pág.
3.1.3 Test piloto.	54
3.1.4 Implementación y configuración.	54
3.1.5 Operación y soporte.	54
3.2 SOFTWARE PARA DISEÑO DE REDES WLAN	54
4. METODO	59
4.1 IMPLEMENTACION DE UNA RED INSTITUCIONAL BAJO EL ESTANDAR IEEE802.11 WLAN, CASO COLEGIO PUBLICO CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR, BUCARAMANGA.	59
4.1.1 Diagnóstico de red	59
4.2 APLICACIÓN DE RACKLEY PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE WLAN, CASO COLEGIO CPSB.	64
4.2.1 Paso 1.Evaluación de requerimientos y elección de la tecnología indicada.	64
4.2.2 Paso 2: Planeación y diseño.	80
4.2.3 Paso 3: Test piloto	100
4.2.4 Paso 4: Implementación y configuración parcial	102
4.2.5 Paso 5: operación y soporte de la WLAN.	110
4.3 SIMULACIONES SOFTWARE Vs RESULTADOS DE IMPLEMENTACION	114
4.3.1 BSA Sala de profesores, simulación vs implementación	115
4.3.2 BSA informatica1, confrontación simulación vs implementación	115
4.3.3 BSAs aula de tecnología, simulación vs implementación	116
4.3.4 BSA pasillos piso 2, confrontación simulación vs implementación	117
4.3.5 BSA pasillos piso 1, confrontación simulación vs implementación	118
4.4 ANÁLISIS DE COSTOS	118
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
5.1 CONCLUSIONES	122
5.2 RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFIA	124

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Certificación Wi-Fi.....	20
Figura 2. Celda, cliente y AP en WLAN	22
Figura 3. Topología 802.11 ESS.....	23
Figura 4. Componentes 802.11WLAN	24
Figura 5. Distribución de canales RF en WLAN.....	26
Figura 6. Patrón de distribución de canales para AP 802.11 b con tres canales sin solapamiento.....	26
Figura 7. Patrón de radiación coordenadas cartesianas, polares y 3d	27
Figura 8. Polarización de ondas electromagnéticas.....	30
Figura 9. Capas física y enlace de datos, unidades funcionales	31
Figura 10. Vista simplificada del modelo OSI y trama de encapsulación (PDU)	32
Figura 11. Formato de la trama MAC.....	33
Figura 12. Formato de las tramas de control.	33
Figura 13. Formato de la trama RTS	33
Figura 14. Formato de la trama CTS.	34
Figura 15. Formato de la trama ACK.	34
Figura 16. Cable Ethernet y normas EIA/TIA.....	35
Figura 17. Adaptador PoE, funcionamiento y disposición física	36
Figura 18. Autenticación en WLAN	38
Figura 19. Control de acceso WLAN.....	39
Figura 20. Resultados CES 2014.....	45
Figura 21. Dispositivos Wi-Fi conectados a redes WLAN en el hospital.....	47
Figura 22. Infraestructura física actual de LAN en 2D, piso 2 colegio CPSB.....	59
Figura 23. Infraestructura física actual de LAN en 2D, piso 1 colegio CPSB.....	59
Figura 24. Enrutador inalámbrico (WR)	61
Figura 25. Simulación Infraestructura lógica de red actual del CPSB.....	62
Figura 26. Resultados, prueba de ping en simulación de infraestructura lógica	62
Figura 27. CPSB zonas Wi-Fi, piso 1 y piso 2	66
Figura 28. Sótano CPSB.....	67
Figura 29. Densidad de usuarios WLAN piso 1, CPSB.....	68
Figura 30. Densidad de usuarios WLAN, piso 2, CPSB.....	69
Figura 31. Proceso de Selección de AP	75
Figura 32. Adaptadores de red inalámbrica.	77
Figura 33. Proceso de planeación de AP.....	78
Figura 34. Cobertura Vs Capacidad.....	80
Figura 35. Planeación y alineamiento de BSS para crear ESS	81
Figura 36. Planeación y alineamiento de BSS en edificaciones	82
Figura 37. Comportamiento de celdas WLAN.....	88
Figura 38. Simulación de propagación de RF en CPSB piso 1.....	89

Figura 39. Simulación de propagación de RF en CPSB piso 2.....	90
Figura 40. Esquema lógico WLAN, simulación y Diseño	91
Figura 41. Ubicación de AP y DS de WLAN Primer piso CPSB, diseño	92
Figura 42. Ubicación de AP y DS de WLAN segundo piso CPSB, diseño	93
Figura 43. Resultado Test piloto	98
Figura 44. Esquema lógico de WLAN, implementación simulada.....	100
Figura 45. Infraestructura física de red, implementación simulada piso 2	101
Figura 46. Infraestructura física de red, implementación simulada piso 1	102
Figura 47. Instalación de canaletas y cableado pasillos.	103
Figura 48. Instalación de canaleta y cableado, sala de profesores.....	104
Figura 49. Instalación de equipos aula de tecnología y sala de informática	105
Figura 50. Instalación de equipos de red, sala docente y pasillos	105
Figura 51. Ubicación de WR y recorrido del DS de WLAN, piso 2.....	106
Figura 52. Ubicación de WR y recorrido del DS de WLAN, piso 1.....	107
Figura 53. Cobertura BSS Sala de profesores, resultado	108
Figura 54. Cobertura BSS sala de informática 1, resultado	109
Figura 55. Cobertura BSSs aula de tecnología, resultado	109
Figura 56. Cobertura BSS pasillo piso1, resultado	110
Figura 57. Escáner BSA del AP pasillo piso 2, resultado.....	110
Figura 58. Sala de profesores, confrontación de resultados	113
Figura 59. Informática 1, confrontación de resultados	114
Figura 60. Aula de tecnología, confrontación de resultados	114
Figura 61. Sala de espera y pasillos piso 2, confrontación de resultados.....	115
Figura 62. Sala de espera y pasillos piso 2, confrontación de resultados.....	115
Figura 63. Usuarios de la WLAN CPSB, pasillos piso 1 y 2.....	118
Figura 64. Usuarios de la WLAN CPSB, aulas de tecnología, audiovisuales e informática	119
Figura 65. Usuarios de la WLAN CPSB, sala docente.....	119

LISTA DE TABLAS.

	Pág.
Tabla 1 Resumen topologías WLAN	22
Tabla 2 Comparación de atributos técnicos, tecnologías WLAN	25
Tabla 3 Tipos de antenas y patrones de radiación	28
Tabla 4 Tipos de cable y conexiones de red	34
Tabla 5 Protocolos de seguridad WLAN	38
Tabla 6 Estándares IEEE 802.11	42
Tabla 7. Herramientas software	54
Tabla 8 Dimensión actual de LAN del CPSB	60
Tabla 9. Relación de costos servicio actual de Internet	63
Tabla 10 Tipos de requerimientos de usuario WLAN	64
Tabla 11 Clasificación de Modelos de uso	65
Tabla 12. Resultados encuesta de Implementación WLAN CPSB	66
Tabla 13 Atributos técnicos WLAN	70
Tabla 14. Usuarios iniciales de la WLAN, Resultados encuesta CPSB	71
Tabla 15. Potenciales usuarios, resultados encuesta CPSB	72
Tabla 16. Índice de crecimiento WLAN, resultados de encuesta CPSB	72
Tabla 17 Tecnologías inalámbricas	73
Tabla 18 Comparación entre Estándares IEEE802.11a/b/g/n.	74
Tabla 19 Equipos de implementación	76
Tabla 20. Cotización de equipos	77
Tabla 21 Resultado, escáner de entorno con <i>inSSIDer</i>	84
Tabla 22 Selección de canal RF para AP en el colegio CPSB	85
Tabla 23. Presupuesto estimado servicios requeridos para implementación	86
Tabla 24. Presupuesto estimado materiales requeridos para implementación	87
Tabla 25. AP, ubicación y zonas de cobertura	94
Tabla 26. Esquema de seguridad WLAN	96
Tabla 27. Análisis de costos Servicio de internet	97
Tabla 28. Coste/beneficio, nuevo canal de internet	97
Tabla 29. Relación, Intensidad de señal recibida y distancia	99
Tabla 30. Configuración básica de equipos	102
Tabla 31. Resultados, Niveles de recepción	111
Tabla 32. Costos de implementación WLAN	116
Tabla 33. Presupuesto administración soporte y mantenimiento de red	117

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Encuesta de requerimientos WLAN, tabulación de resultados.....	126
Anexo B. Encuesta de satisfacción del usuario, tabulación de resultados.....	130
Anexo C. Resultado del escaneo y diagnóstico inicial de la red local del colegio centro piloto Simón Bolívar, con herramientas freeware.....	134
Anexo D. Resultados, escaneo de redes WLAN coexistentes y test piloto en las instalaciones del colegio CPSB, con herramientas freeware.....	137

GLOSARIO

Access Point (AP): Punto de acceso inalámbrico, dispositivo de infraestructura de red que interconecta otros dispositivos inalámbricos (clientes) para formar una red inalámbrica.

Ad-Hoc: Tipo de topología de red en la que los dispositivos inalámbricos se comunican directamente entre sí, sin necesidad de *AP* para su interconexión.

Antena: Dispositivo encargado de transformar señales eléctricas en medios guiadas a ondas de RF para transmitir sobre medios no guiados como el espacio aéreo.

Banda RF: Rango de frecuencia dentro del espectro electromagnético.

Bit: Acrónimo de *binary digit*, 'dígito binario'. Unidad de medida de información o dígito del sistema de numeración binario de 1 y 0.

Bridge: Puente de red, en telemática es un dispositivo para interconexión de redes locales.

Byte: Unidad de información utilizada como un múltiplo del bit. Generalmente equivale a 8 bits.

DB: Decibel unidad relativa empleada para expresar la relación entre dos magnitudes.

Dipolo: antena con alimentación central empleada para transmitir o recibir ondas de radiofrecuencia, estas antenas son las más simples desde el punto de vista teórico, compuesta por dos mono-polos.

Direccional: Que está situado o se orienta en una dirección puntual.

Estándar: Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.

Ethernet: Estándar de redes de área local para computadores conectados por cable con acceso al medio por detección de la onda portadora y con detección de colisiones (CSMA/CD).

FCC: *Federal Communications Commission* o Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América.

Gateway: Equipo para interconectar redes, puerta de enlace o dirección IP a la que apunta el siguiente salto de un host local durante el enrutamiento de paquetes.

IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers* o Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica es una asociación mundial de técnicos e ingenieros dedicada a la estandarización y el desarrollo en áreas técnicas.

ISM: Bandas RF reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia electromagnética en áreas industrial, científica y médica en la actualidad estas bandas han sido popularizadas por su uso en comunicaciones WLAN dentro de las frecuencias de 2.4 Ghz y 5 Ghz.

LAN: *Local Area Network* o red de área local conformada por equipos de red o computadores situados dentro de determinada área demográfica por ejemplo un edificio o campus.

Mbps: Mega bit por segundo (Mb/s, Mbit/s o Mbps) es una unidad que se usa para cuantificar un caudal de datos, 1Mbps es equivalente a 1024 kb/s

Mono polo: Mono polo vertical o antena vertical, constituida de un solo brazo rectilíneo irradiante en posición vertical.

Omnidireccional: En todas las direcciones, en un plano de tres dimensiones.

OSI: *Open System Interconnection*, Modelo de interconexión de sistemas abiertos para ofrecer compatibilidad a equipos de diferentes marcas o fabricantes.

Overlapping: Solapamiento o traslape de lóbulos principales o secundarios del patrón de radiación entre antenas de Radio frecuencia, overlapping de celdas WLAN por canal adyacente y elevados niveles de potencia pueden generar interferencia.

ROUTER: Enrutador, dispositivo de red encargado de dirigir las tramas de datos hacia cada destino, para lo cual se vale de la capa 3 del modelo OSI.

SWITCH: Conmutador, dispositivo de red encargado de interconectar equipos a nivel de capa 2 y 3 del modelo OSI.

TIC: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Wi-Fi: *Wireless Fidelity* o fidelidad inalámbrica es el certificado otorgado por la Wi-Fi Alliance a aquellos dispositivos inalámbricos sometidos a pruebas de operatividad y compatibilidad, de por si aprobadas. Hoy en día sinónimo de WLAN.

Wireless: Inalámbrico, sin cables, que no requiere de alambres para su correcto funcionamiento. Conexión *wireless* que transmite/recibe datos a través del espacio aéreo.

WLAN: *Wireless local area network* o red de área local inalámbrica, red de datos implementada bajo lineamientos del estándar de comunicaciones IEEE 802.11.

WR: Wireless router o enrutador inalámbrico equipo de red para rutar datos con la capacidad de operar sin cables a nivel de Radiofrecuencia con antenas internas o externas usando como medio de transmisión el espacio aéreo en las bandas ISM.

Yagi-Uda: Tipo de antena direccional para emisiones de ondas de Radio Frecuencia, mediante una estructura simple de dipolo.

RESUMEN

El uso de redes inalámbricas de área local se ha venido incrementando al mismo tiempo en el que las tecnologías que las soportan han venido madurando, a pasos vertiginosos, de igual forma sucede con las herramientas y metodologías empleadas para el desarrollo y despliegue de estas, pudiéndose encontrar software dispuestos en la web para uso libre que facilitan el proceso de implementación en sus etapas previas de análisis de viabilidad, planeación y diseño generando una visión más objetiva del entorno y los factores de incidencia.

El presente proyecto nace como una labor social en respuesta a la inquietante necesidad de WLAN (Wireless local area network) para la comunidad estudiantil del colegio CPSB de la ciudad de Bucaramanga, entidad del sector público. Se evidencia la situación y oportunidad de prestar los servicios de ingeniería en etapas iniciales, de forma voluntaria, para hacer el análisis y diseño de la red sin costo alguno reduciendo notablemente los gastos que estos conllevaría posibilitando el despliegue de la anhelada WLAN institucional al considerar solo los costes referentes a las fase de implementación buscando de esta forma una solución que justifique la relación coste/beneficio y la inversión misma dentro de la educación pública haciendo este teórica y económicamente viable y por tanto una realidad.

Análisis, Diseño e Implementación de una WLAN (Wireless Local Area Network) Institucional, caso: Colegio Centro Piloto Simón Bolívar, como se tituló el proyecto, describe la forma y permite visualizar de fondo el proceso de despliegue buscando de alguna forma desmitificar la falsa creencia del éxito facilista basado en la inserción arbitraria de dispositivos Wi-Fi, el documento contiene en detalle la descripción de principio a fin de la metodología empleada para la implementación de una red institucional robusta del tipo inalámbrico para colegio basado en simulación software, además compuesto en su primera parte con información básica, relevante frente al proceso como soporte teórico. Se abarca el estado del arte de WLAN haciendo énfasis en las metodologías de implementación cimentadas en simulación software sea este de tipo libre y/o propietario para generar diseños predictivos de calidad basados en estudios pasivos que permitan satisfacer los requerimientos del usuario.

La WLAN institucional es diseñada como una herramienta más al alcance de la comunidad estudiantil en la era de las TIC que aplicadas a la educación pública mejoran la calidad de vida y elevan el nivel académico escolar cerrando cada vez más la brecha digital de la educación pública en Colombia, promoviendo la incursión de procesos y herramientas tecnológicas en entornos académicos en pro de la educación 2.0.

Palabras claves: social, WLAN, redes, telemática, TIC, educación 2.0

1. INTRODUCCIÓN

Las redes inalámbricas de área local bajo el estándar *IEEE 802.11WLAN* del inglés *Wireless Local Area Network* conocidas popularmente como *Wi-Fi* (*Wireless-Fidelity*) o *fidelidad inalámbrica*, (*Wi-Fi* realmente es la certificación otorgada por la *Wi-Fi Alliance* a dispositivos chequeados y aprobados que cuentan con capacidad de operación inalámbrica), están cada vez más presentes en nuestros entornos del diario vivir, sea en el hogar, en el trabajo, en el gimnasio o la universidad, el parque, el hospital o el aeropuerto pudiendo encontrarse hasta en los coches, aeronaves y tranvías de última generación hasta posicionarse como líder de comunicaciones inalámbricas.

Llegó a ser tan común la implementación *Wi-Fi* que se redujo a la inserción arbitraria de equipos de red con capacidad de operación *Wireless* como una extensión de redes cableadas surgiendo la creencia generalizada de un facilismo de éxito operacional obviando factores importantes para el diseño e implementación de una red inalámbrica de área local robusta, con altos niveles de escalabilidad, disponibilidad, calidad del servicio, protocolos, políticas de seguridad y demás requerimientos que otorgan seguridad a los datos y usuarios al momento de “conectarse” y hacer uso de los servicios de la red.

El Colegio CPSB queriendo estar a la vanguardia tecnológica en la era de las TICs decide implementar la *WLAN* sumándose a la cuenta de instituciones educativas con redes del tipo inalámbrico en sus instalaciones para ofrecer conectividad a los usuarios que requieren movilidad de manera que puedan hacer uso de sus dispositivos como Smartphone, Tablet, laptop, notebook y cualquier otro dispositivo inalámbrico certificado *Wi-Fi* en las instalaciones del colegio.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente el Colegio Centro Piloto Simón Bolívar cuenta con 3 redes independientes y acceso a internet para uso administrativo, docente y académico instaladas en la rectoría, aula de informática y sala de profesores, esta última con acceso *Wi-Fi* sin contar aún el colegio con una infraestructura de red de área local inalámbrica que permita dar soporte y prestar servicios de red a través de dispositivos inalámbricos móviles en el momento que los estudiantes o docentes lo requieren viéndose impedido el acceso a Internet sin la necesidad de cables de red y puertos de red libres(activos) o sencillamente mientras se requiere movimiento a lo largo de los salones, auditorio, pasillos y demás zonas del colegio

Hoy día pueden verse aglomeraciones de estudiantes que poseen dispositivos móviles inalámbricos frente a las salas de profesores en sus ratos libres o de descanso sobre los pasillos aledaños para de alguna manera conectarse a la red sobrepasando los esquemas de seguridad obteniendo acceso con fines no académicos generando tráfico sobre la red que impide momentáneamente la rápida transferencia de datos en la sala docente. Por otra parte están siendo sub-utilizados los computadores portátiles ubicados en el aula de audiovisuales, inglés, tecnología e informática 1 debido a la ausencia de conexión Wireless haciendo evidente la imperante necesidad de implementación de la WLAN para la comunidad estudiantil en general.

Implementación que de hacerse sin aplicar un estudio, análisis y diseño previos obviando factores que determinan el rendimiento y la seguridad de la red solo se aumentan las probabilidades de encontrar falencias operativas mientras se considera funcional, siendo imprescindible seguir un plan con base a metodologías que buscan asegurar el éxito tratándose de una red institucional en un área de más de 2000m² para aproximadamente 1000 estudiantes.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La implementación de la WLAN en el Colegio resuelve la problemática frente a la disponibilidad o conectividad inalámbrica para los usuarios sean administrativos, docentes o estudiantes mientras requieren conexión sin cables o simplemente estar en movimiento, es decir, sin disponer de un puerto para conexión a la red dentro de las instalaciones del colegio, el proyecto posibilita además la incursión de Tecnologías de la Información y las comunicaciones en procesos de formación académica en el aula de clases y devuelve la utilidad a equipos portátiles Wi-Fi (Wireless Fidelity) dispuestos en salas en las que actualmente no hay conexión de red inalámbrica como informática¹, aula de tecnología, audiovisuales e inglés.

Con la implementación de la red institucional del Colegio Centro Piloto Simón Bolívar basada en el análisis y diseño de la red como una labor social dentro de un marco de proyecto de ingeniería, cimentado con el uso de herramientas software para realizar simulación de entornos e infraestructura de redes inalámbricas se pone a prueba y evidencia la utilidad de las mismas dentro del desarrollo de este tipo de proyectos más que nada al generar una mejor visión o perspectiva del asunto en cuestión realizando diferentes fases de diagnóstico, viabilidad, simulación, diseño para finalmente posibilitar la implementación de la red al reducirse significativamente los costes mientras se asegura la satisfacción de los requerimientos y consecución exitosa del proyecto al obtener un entorno de red seguro flexible, de alta escalabilidad y disponibilidad, siguiendo los

estándares y normas técnicas que rigen y definen este tipo de implementaciones *WLAN*.

“Wi-Fi es la tecnología de red de elección en una amplia gama de entornos educativos desde la primaria hasta la educación superior. Con equipo mucho más rentable y flexible que otras alternativas cableadas, Wi-Fi es adecuado para pequeños colegios o campus múltiples de kilómetros cuadrados”.¹

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general. Implementar la WLAN del colegio Centro Piloto Simón Bolívar como complemento a la infraestructura LAN existente para ofrecer conectividad inalámbrica, cimentando el análisis y diseño con software de simulación.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Realizar el estado del arte de WLAN como referente principal del proyecto enfocando el estudio hacia la implementación de este tipo de redes.
- Diseñar la WLAN institucional dimensionando su capacidad de operación, cobertura, disponibilidad aplicando protocolos de seguridad, mediante software de simulación.
- Implementar la WLAN para ofrecer movilidad y conexión a los usuarios de la red institucional.
- Realizar pruebas de operación de la WLAN confrontando estos con los resultados del diseño basado en simulaciones previas a la implementación.

¹WiFi Alliance. Wi-Fi en las escuelas, disponible desde internet en: <http://www.wi-fi.org/wi-fi-your-life/wi-fi-schools>

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 IEEE 802.11 WLAN (Wireless Local Area Network)

2.1.1 Conceptos básicos. Aparece en 1991 el concepto de redes inalámbricas locales WLAN y con ello el problema de incompatibilidad al no seguir ningún estándar, luego de varios años de estudio hacia 1997 se consolida el estándar IEEE 802.11 para la implementación de redes inalámbricas de área local, estableciendo los lineamientos a seguir para la correcta implementación de redes inalámbricas IEEE 802.11WLAN². Según PRASAD³ en 1999 se inició la Alianza de compatibilidad de internet inalámbrico *WECA*(*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*) con el propósito de brindar interoperabilidad entre productos *IEEE802.11* de diferentes vendedores o fabricantes, desarrollando una prueba de interoperabilidad *Wi-Fi* o *Wireless-Fidelity* proporcionando logos de certificación para los productos que se sometieron y pasaron la prueba. Las WLAN tienen características fundamentales que las diferencian de las redes de área local cableadas LAN802.3 para ofrecer movilidad, razón por la cual desde sus inicios se han venido implementando como extensión de redes Ethernet.

Figura 1. Certificación Wi-Fi



Tomado de CCNA exploration 4. Switching and routing En: Capitulo 7 Wireless LAN. P.602 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.pdf

² Cisco system 2009, CCNA exploration 4. switching and routing. Cap 7: Wireless LAN Documento formato pdf. P 587-623 disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.pdf .

³ PRASAD, Neeli. 802.11 WLANs and IP Networking: Security, QoS, and Mobility. Artech House, p 24 disponible desde internet en: <http://site.ebrary.com/id/10081985?ppg=24>

WLAN tuvo aceptación, especialmente, debido a la flexibilidad administrativa que ofreció y la permanente conexión con las redes de área local, mientras se está en movimiento o en reposo desde ciertos lugares y en cualquier momento a través del aire como medio, valiéndose de dispositivos de red con unidades de radio frecuencia para operar dentro de limitadas distancias, pero no se adoptó con entusiasmo debido a las velocidades de transmisión que ofreció de 1-2 Mbps en la banda de 2.4Ghz en relación con las LAN 802.3 con 10Mbps en esa entonces, razón por la cual los estándares *WLAN802.11* mejoraron continuamente tras la aparición de la mencionada WECA más tarde llamada la alianza Wi-Fi que proporciona compatibilidad entre los diferentes estándares IEEE802.11 cada uno con especificaciones técnicas características que lo diferencian de los demás entre los cuales se destacan 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac hasta alcanzar altas velocidades y mayores áreas de cobertura otorgando licencias a dispositivos de operación en las bandas ISM para conexión a redes inalámbricas de área local, razón por la cual hoy en día Wi-Fi viene siendo un sinónimo de WLAN.

Componentes WLAN. En una LAN Ethernet 802.3 cada usuario tiene un cable que conecta la tarjeta de interfaz de red o (network Interface Card) NIC del usuario a un switch, siendo el punto en el que el cliente obtiene acceso a la red, mientras que en una WLAN, cada usuario utiliza un adaptador inalámbrico de red (WNIC) para obtener acceso a través de un dispositivo inalámbrico como un enrutador Wireless y/o punto de acceso mediante señales de radio frecuencia RF, en consecuencia los puntos de acceso o AP (Access Point) en esencia se encargan de transformar las tramas de datos desde su formato de encapsulación wireless 802.11 al formato de trama de red Ethernet cableada o convencional 802.3 LAN.

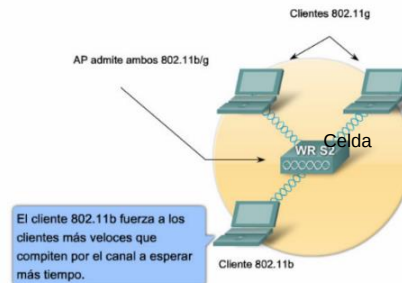
Un AP proporciona conectividad *Wireless* solo a los clientes dentro de su **área de cobertura** o **Celda WLAN**, teniendo en cuenta que el patrón de ondas emitido por una antena de tipo omnidireccional tiene tres dimensiones en forma circular, formando una esfera, para aumentar el tamaño de la red o el área total de cobertura WLAN, pueden sumarse celdas en zonas cercanas distribuyendo AP en dichas zonas con la idea de cubrir cada una de las áreas donde está localizado el cliente.

El estándar IEEE 802.11 2012 parte 11 Especificaciones de capa física y control de acceso al medio para redes de área local inalámbrica WLAN⁴. En su arquitectura contempla diferentes tipos de usuarios como estaciones con dirección o *STation-Adresseable* (STA) dependiendo de la ubicación y movilidad,

⁴ IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. p. 44.

encontrando estaciones direccionales o STA fijo, STA portable y STA móvil considerando que a diferencia de una red cableada las direcciones no siempre hacen referencia a una locación fija sino simplemente a un origen y un destino como ATS contando con el aire como medio de trasmisión. En la figura 2 se ilustran los componentes básicos de una infraestructura de red inalámbrica de área local.

Figura 2. Celda, cliente y AP en WLAN



Tomado de CCNA exploration 4. switching and routing En: Capitulo 7 Wireless LAN. P.609 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

Topologías de redes inalámbricas WLAN. Las WLAN pueden utilizar diferentes topologías de red, la pieza fundamental de la arquitectura de WLAN IEEE 802.11 es el conjunto de servicios básicos o *basic service set (BSS)*, el estándar define al BSS como un grupo de estaciones que se intercomunican. La tabla 1 a continuación resume diferentes topologías de red inalámbrica.

Tabla 1 Resumen topologías WLAN

Dispositivos inalámbricos	Modo de topología	Topología del bloque del edificio	Área de cobertura
No hay puntos de acceso	Ad hoc	Conjunto de servicios básicos independientes (IBSS)	Área de servicios básicos (BSA)
Un punto de acceso	Infraestructura	Conjunto de servicios básicos (BSS)	Área de servicios básicos (BSA)
Más de un punto de acceso	Infraestructura	Conjunto de servicios extendidos (ESS)	Área de servicio extendida (ESA)

Tomado de CCNA exploration 4. Conmutación LAN y WLAN. Documento formato .pdf .disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.s.pdf .p 614

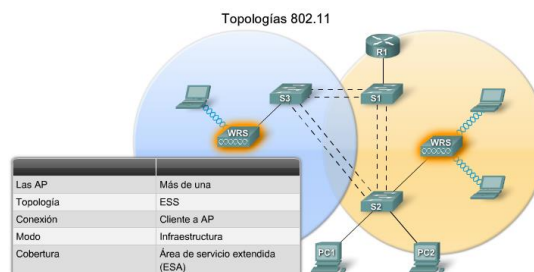
Las WLAN pueden cubrir zonas de gran tamaño y dependiendo de las limitaciones RF de los dispositivos se debe aumentar el área de cobertura con BSSs múltiples que conforman una red, utilizando el componente de la arquitectura llamado **sistema de distribución DS** o *distribution system* por sus siglas en inglés.

La topología denominada **Conjunto de Servicios Extendidos** o *extended services set ESS* en la cual uno o más BSS se pueden unir a través de un sistema de distribución simple donde se diferencian uno de otro mediante el identificador BSS (BSSID), que es la dirección MAC del AP que sirve al BSS conformando un área de cobertura denominada **Área de Servicio Extendida** o *extended services area (ESA)*; conectados por el DS, la topología permite a los AP múltiples en un ESS aparentar ser un BSS simple, un ESS incluye generalmente un SSID común para permitir al usuario moverse de un punto de acceso a otro.

En la figura 3 las celdas representan el área de cobertura proporcionada por un único canal donde un ESS debe tener de 10 a 15 por ciento de superposición entre celdas en un ESA (área de servicio extendida), un SSID y canales no sobrepuestos (una celda en canal 1 y la otra en canal 6), se puede crear la capacidad de *roaming*.

El concepto clave radica en que para la subcapa LLC la red es muestra como un IBSS pudiendo moverse las STA dentro de la ESS de forma transparente.

Figura 3. Topología 802.11 ESS



Tomado de CCNA exploration 4. Switching and routing En: Capítulo 7 Wireless LAN. p.613 documento formato puf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

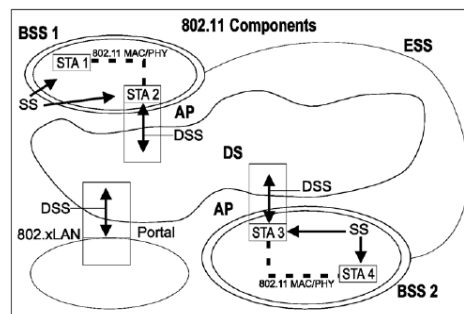
El estándar IEEE 802.11 separa lógicamente el medio inalámbrico o *wireless medium* WM del sistema de distribución DS, cada medio lógico es usado para propósitos diferentes por los diferentes componentes de la arquitectura, el DS permite compatibilidad con dispositivos móviles proporcionando servicios lógicos necesarios para manejar la dirección de mapeo de destino y una correcta integración de múltiples BSS en una arquitectura básica donde el AP como STA permite el acceso al DS para los dispositivos móviles como STA asociadas a través del MW.

En el IEEE 802.11- 2012 parte 11 encontramos dentro de las topologías actuales además de las topologías anteriormente mencionadas la **mallla de conjunto de servicios básicos MBSS** por sus siglas en ingles de *mesh Basic station service*.

o IEEE 802.11 *wireless mesh network* en la cual las STAs AP no son parte central de una infraestructura como la BSS, sino que MBSS forma un sencillo conjunto de mallas STAs independientes, siendo posible utilizar MBSS como un todo o parte de DS que interconecta un ESS.

Para la integración de redes inalámbricas de área local WLAN con LANs 802.3 como redes de área local tradicionales cableadas el estándar incluye un elemento de infraestructura lógico denominado **portal**⁵ como punto lógico en el que la MSDU desde una LAN integrada no 802.3 entra al DS 802.3 LAN.

Figura 4. Componentes 802.11WLAN



Tomado de IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications p.80.

Radiofrecuencia en WLAN.⁶La comunicación por radiofrecuencia (RF) se da entre dispositivos con antenas transmisoras y receptoras a partir de una oscilación transmitida con una frecuencia constante; El rango de frecuencias se conoce como banda, los estándares IEEE802.11 operan dentro de diferentes bandas.

Para Prasad⁷ La alianza Wi-Fi provee interoperabilidad entre los IEEE 802.11a en la banda de 5GHz y 802.11 b, 802.11g operando dentro de la banda de 2.4GHz siendo espectros de licencia libre, la tabla 2 en la página a continuación muestra los diferentes estándares IEEE802.11WLAN.

⁵ IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirementsPart 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications p.50

⁶ARIGANELLO Ernesto y BARRIENTOS Enrique. REDES CISCO CCNP A FONDO guía de estudio para profesionales. Alfa y omega grupo editor. México DF 2010. P.479-495

⁷ Prasad, Neeli. 802.11 WLANs and IP Networking: Security, QoS, and Mobility: Artech House, . p 25 disponible desde internet en: <http://site.ebrary.com/id/10081985?ppg=25>

Tabla 2 Comparación de atributos técnicos, tecnologías WLAN

<i>Requirement type</i>	<i>802.11b</i>	<i>802.11g</i>	<i>802.11a</i>	<i>802.11n</i>
PHY layer data rate	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	200+ Mbps
Effective data rate at MAC SAP	6 Mbps	22 Mbps (8–13 Mbps with 11b stations)	25 Mbps	100 Mbps
Network capacity	3 non-overlapping channels	3 non-overlapping channels	12–24 non-overlapping channels	6–12 non-overlapping dual channels
Quality of service	Not supported	Not supported	Not supported	Supported
Interference and coexistence	2.4 GHz band	2.4 GHz band Interoperable with 802.11b network	5 GHz band	2.4 or 5 GHz band
Technology maturity	Mature	Mature	Mature	Immature
Operating range	Good indoor range including wall penetration	Good indoor range including wall penetration	Line of sight operation. Poor penetration	As for 11b or 11a depending on frequency band
Scalability	Small number of users per AP	Small number of users per AP	Enterprise scale; many users per AP	Enterprise scale; many users per AP

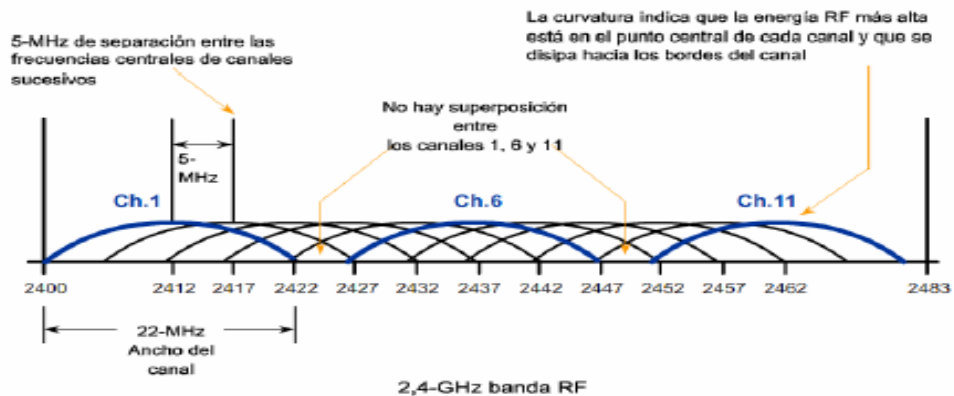
Tomado de Steve Rackley .implementing wireless LAN cap7 En: Wireless networking technology from Principles to successful implementation. Formato pdf disponible desde internet en <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=192>

Distribución de Canales. Es importante al planificar la implementación de una 802.11WLAN considerar la distribución de celdas y canales, por tanto existen dos metas al diseñar la WLAN:

- Dimensionar las celdas de los AP.
- Seleccionar los canales para las celdas de los AP.

El tamaño de las celdas determina la cantidad de AP que deben desplegarse para cubrir un área, ya que al ser muy grande la celda habrán mucho usuarios compitiendo por el acceso al medio y cuanto más lejos este el cliente del punto de acceso menor es su tasa de transferencia, debiendo ajustarse la potencia de transmisión del AP para evitar que solape con otras celdas que operen en el mismo canal. Cuando un AP falla su área de cobertura queda fuera de servicio.

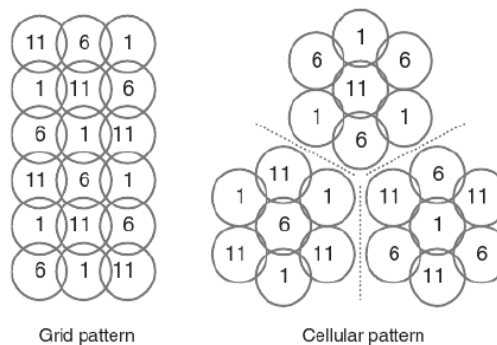
Figura 5. Distribución de canales RF en WLAN



Tomado de CCNA exploration 4. Switching and routing En: Capítulo 7 Wireless LAN. P.610 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

Para evitar el *Over-laping* o solapamiento de canales e interferencias, las celdas de cada AP deben designarse de manera que los AP adyacentes usen diferentes canales con los estándares 802.11b y g, la limitación es de canales 1, 6 y 11 que al ser combinados alternadamente cubren zonas extensas.

Figura 6. Patrón de distribución de canales para AP 802.11 b con tres canales sin solapamiento.

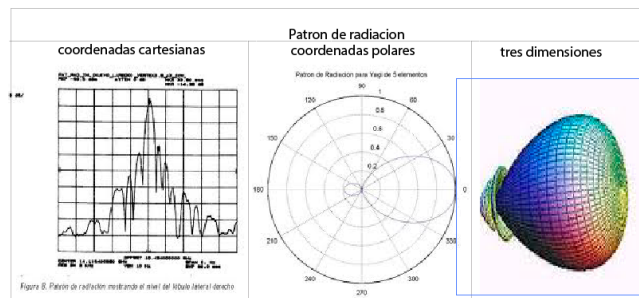


Tomado de Rackley, Steve. Wireless Networking Technology from Principles to Successful Implementation. Newnes, p 199. Disponible desde internet en: <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=199>

Antenas y WLAN.⁸ El IEEE define una antena como aquella parte de un sistema transmisor o receptor diseñado específicamente para radiar o recibir ondas electromagnéticas siendo una región de transición en una zona donde existen ondas guiadas y en el espacio libre.

El diagrama de radiación es una representación física de las propiedades de radiación de la antena en función de las distintas direcciones del espacio a una distancia fija, normalmente representado en un plano de coordenadas esféricas con la antena situada en el origen manteniendo constante la distancia se expresara el campo eléctrico con las variables angulares (θ, ϕ) y el campo magnético se deriva del campo eléctrico en movimiento.

Figura 7. Patrón de radiación coordenadas cartesianas, polares y 3d



Autoría propia

Existen diferentes tipos de antenas clasificadas según su patrón de radiación y su entorno de propagación o implementación y forma, entre las más conocidas tenemos:

Antena omnidireccional. Propaga la señal equitativamente en todas las direcciones siendo adecuada para cuartos cerrados, existen tipo dipolo incorporada al punto de acceso; La ganancia de este tipo de antena es de 2dBi.

Antena semi-direccional. Cubren áreas amplias alargadas siendo ideales para antenas ubicadas en extremos del área de cobertura; su patrón de radiación es del tipo ovoide y su ganancia va desde los 6 a 8 dBi.

Antena direccional. Propagan señales RF a largas distancias sin interrupciones entre emisor y receptor o línea de vista, focalizan la señal en un patrón elíptico alargado y delgado.

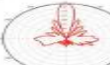
⁸ CARDAMA et al. Consideraciones generales sobre antenas. En: Antenas. Alfa omega grupo editor. Barcelona España 2000, p. 15-25.

Antena in-door. Ideales para instalar en entornos cerrados de edificaciones.

Antena out-door. Ideales para instalar en exteriores para zonas o campo abierto

Antena tipo parche, Antena tipo plato, Antena Mono polo, Antena Dipolo

Tabla 3 Tipos de antenas y patrones de radiación

tipo de antena	vista física	patron de radiacion	
monopolo			
dipolo		plano H	plano V
yagui			
parche			
plato			
 doble banda tres unidades 2,4Ghz - 5Ghz			
			
			
			
			
			

Autoría propia

La tabla anterior ilustra los diferentes tipos de antenas empleadas para la implementación de conexiones punto a punto o punto multipunto utilizadas además para implementación de WLAN.

Parámetros de antenas en transmisión.

Eficiencia. se define como la relación entre la potencia radiada por la antena y la potencia entregada por el transmisor define las perdidas en la antena.

$$\eta = Pr/Pe$$

Impedancia. (Z) Al tener en cuenta la ubicación de la antena muchas veces se encuentra distante del trasmisor y la interconexión se hace mediante líneas de transmisión y conectores debiendo considerar la atenuación por longitud e impedancia característica de cada medio.

Intensidad de radiación. Se define como la potencia radiada por unidad de ángulo sólido en una determinada dirección.

$$K(\theta, \phi) = \varphi(\theta, \phi) r^2 \text{ donde } \varphi = \text{densidad de Pr}$$

Directividad. Se define como la relación entre la potencia radiada en una dirección a una distancia dada y la densidad de potencia que radiaría a esa misma distancia una antena isotrópica que radia igual potencia que la antena.

$$D(\theta, \phi) = \frac{\varphi_{\text{máximo}}}{Pr / (4\pi r^2)}$$

Ganancia. Semejante a la directividad pero se relaciona con la potencia entregada a la antena y no la radiada, teniendo en cuenta las pérdidas de la antena según la eficiencia.

$$G(\theta, \phi) = \eta_i(\theta, \phi)$$

Ancho de banda. Debido a su geometría finita las antenas operan dentro de limitadas bandas de frecuencia o ancho de banda.

Parámetros de antenas en recepción.

Adaptación. Determina la transferencia de potencia entre el transmisor y la antena, si hay adaptación conjugada será máxima sino hay adaptación conjugada se define como el producto de la potencia máxima entregada a la antena por la carga y el coeficiente de desadaptación.

Área y longitud efectiva. Área de captación o efectiva que extrae potencia del frente de onda incidente, definida como la relación de P_e a la carga y densidad de potencia incidente.

$$A_{ef} = P_L / \varphi$$

PIRE (potencia isotrópica radiada equivalente). Suele expresarse en dBW expresa el producto de la potencia radiada y la directividad o la potencia entregada por la ganancia.

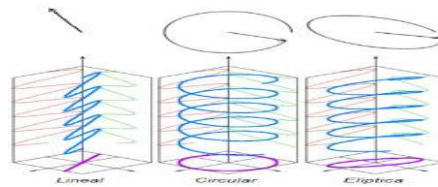
$$PIRE = Pr D = P_e G$$

Polarización. Indica la orientación en cada punto del espacio para el vector de campo eléctrico en función de la posición y el tiempo, la polarización de una antena en una dirección es la polarización de la onda radiada.

Polarización de ondas electromagnéticas. Representa la figura geométrica descrita al transcurrir el tiempo por el extremo del vector campo eléctrico en un punto fijo del espacio en un plano perpendicular a la dirección de propagación. Para ondas con variación temporal sinusoidal generalmente es una elipse pero particularmente si describe un segmento será **onda linealmente polarizada** pero si se muestra un círculo será **onda circularmente polarizada**.

El sentido de giro del campo eléctrico tanto en ondas circulares como elípticas se determina según note un convenio de avance en el sentido de la propagación que siendo a derecha en sentido de las agujas del reloj es llamado **dextrógiro** y en sentido contrario se conoce como **levógiro**.

Figura 8. Polarización de ondas electromagnéticas



Tomado desde Google.com

Modulación en WLAN Especificaciones de la capa física para la Banda ISM de 2.4GHz. Las técnicas de modulación de espectro expandido sea de salto de frecuencia FHSS o de secuencia directa DSSS son empleadas por el estándar para establecer comunicaciones digitales por radiofrecuencia.

FHSS (frequency hopping spread spectrum) Los servicios prestados a la Capa física del IEEE 802.11 WLAN para el sistema de espectro expandido por salto de frecuencia de 2,4 GHz consiste en el siguiente protocolo de 2 funciones:

- Convergencia PHY, que adapta las capacidades del sistema de la PMD a la función de servicio cada PHY está soportado por el PLCP, que define un método de mapeo de la IEEE 802.11 MPDU en un formato de trama adecuado para enviar y recibir datos de usuario e información de gestión entre dos o más STA usando el sistema PMD asociado.
- Un sistema de PMD, cuya función define las características y método de transmisión y recepción de datos a través de un WM entre dos o más STA.

FHSS en la capa física contiene tres entidades funcionales como muestra la figura 9 funciones PMD, función de convergencia PHY, función de gestión PHY.

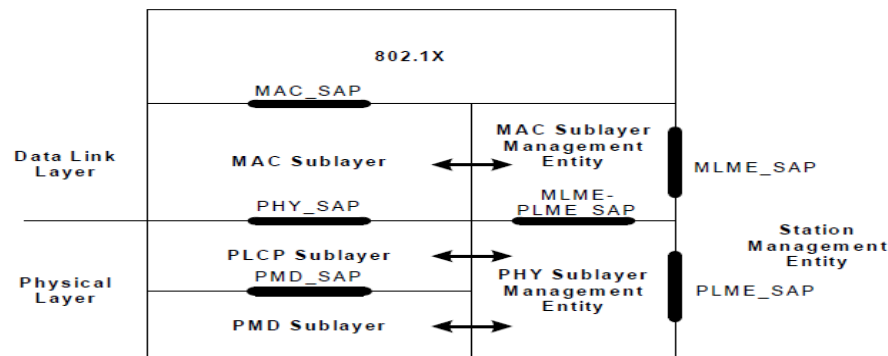
- **Subcapa PLCP.** Permite operar con mínima dependencia sobre la subcapa PMD, define una subcapa de convergencia PHY, simplificando la provisión de una interfaz de servicio PHY IEEE 802.11 para los servicios de control de acceso al medio o *médium access control* MAC o .

- **PLME.** Gestiona las funciones PHY locales junto con la MLME.

- **Subcapa PMD.** Proporciona una interfaz de transmisión utilizada para enviar y recibir datos entre dos o más STA.

DSSS (Direct Secuence Spread Spectrum). Proporciona una WLAN con una capacidad de comunicación de carga útil de datos de 1 Mbps y 2 Mbps utilizando modulaciones de banda base como desplazamiento de fase diferencial binaria (DBPSK) y de desplazamiento de fase diferencial en cuadratura (DQPSK) para proporcionar velocidades de 1 y 2 Mbps respectivamente.

Figura 9. Capas física y enlace de datos, unidades funcionales



Tomado de IEEE802.11 TM-2012 p.81

OFDM (Modulación por División Ortogonal de Frecuencia)

El sistema OFDM o modulación por división ortogonal de frecuencia proporciona una WLAN con capacidades de comunicación de datos de carga útil de 6 a 54 Mbps. Soporte de la transmisión y recepción de datos a velocidades de 6, 12 y 24 Mbps es obligatorio. El sistema utiliza 52 sub-portadoras que se modulan mediante desplazamiento de fase binaria o de cuadratura (BPSK o QPSK) o el uso de modulación de amplitud en cuadratura (16 - QAM o 64 - QAM).

El sistema OFDM también proporciona una operación de " medio - velocidad de reloj " usando separaciones de canal 10 MHz con capacidades de comunicaciones de datos de 3 a 27 Mbps, esta operación duplica tiempos de símbolo y *Clear Channel Assessment* (CCA).

El sistema OFDM también proporciona una operación de " cuarto de velocidad de reloj " usando separación de canales de 5 MHz con capacidades de comunicación de datos de 1.5 a 13.5 Mbps, esta operación cuadruplica tiempos de símbolo y tiempos CCA.

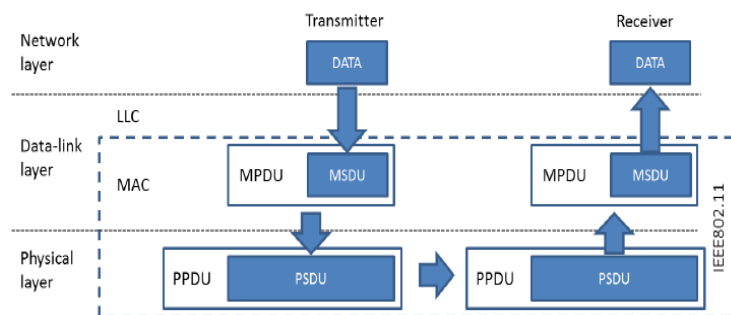
2.2 MODELO REFERENCIAL OSI

IEEE 802.11™ 2012 especifica las operaciones en dos capas del modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos u *open system interconnection* (OSI), en las capas de enlace de datos y física tal como se presenta en la Figura 10.

La capa de enlace de datos contiene el protocolo de Control de Acceso al Medio (MAC), que es responsable del control de las transmisiones del BSS mientras la capa física es responsable de la modulación y la transmisión de datos. Cada paquete de datos transmitido pasa a través de cada capa y se encapsula con la trama que contiene la unidad de datos del protocolo (UDP) específica de la capa.

Finalmente la capa correspondiente en el receptor decodifica la trama. Se necesita des-encapsular en cada capa teniendo en cuenta que esta sobrecarga disminuye la capacidad efectiva de la red.

Figura 10. Vista simplificada del modelo OSI y trama de encapsulación (PDU)



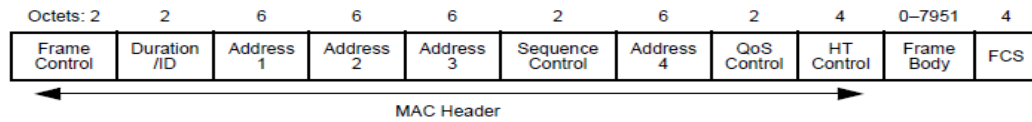
Tomado de Vanhatupa Timo. WiFi capacity analysis for 802.11ac and 802.11n: theory & practice. Ekahau wifi design White paper 2013 p 6 formato pdf disponible desde internet en: http://www.ekahau.com/userData/ekahau/wifi-design/documents/ESS_Capacity_Analysis-Whitepaper-2013.pdf

2.2.1 Formato de la trama MAC. Cada trama consiste en los siguientes componentes básicos.

- Encabezado MAC
- Trama de longitud variable
- FCS *frame check sequence* para comprobación de errores

Cada componente básico consiste en un conjunto de campos con orden fijo en cada una de las tramas como ilustra la figura 11 a continuación, se detallan los campos de cada componente básico del formato de la trama MAC.

Figura 11. Formato de la trama MAC



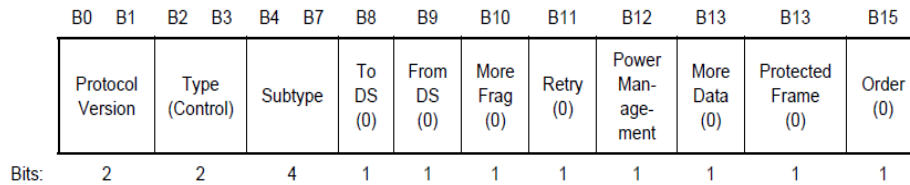
Tomado de IEEE 802.11™ -2012 parte 11. p 381.

Las tramas MAC se clasifican en tres grupos:

- Tramas de datos
- Tramas de gestión
- Tramas de control

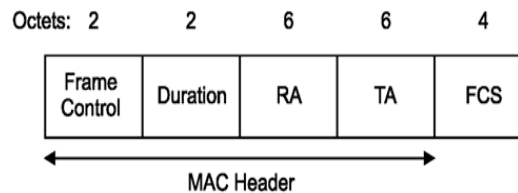
2.2.2 Tramas de control. La figura siguiente muestra la trama de control.

Figura 12. Formato de las tramas de control.



Tomado de IEEE 802.11™ -2012 parte 11. p 404

Figura 13. Formato de la trama RTS

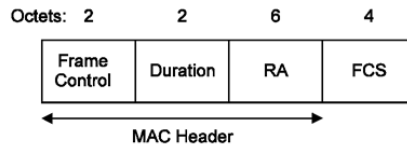


Tomado de IEEE 802.11™ -2012 parte 11. p 404

En la figura 14 el campo RA de la trama RTS es la dirección de la STA en el WM cuando se cuelga inmediatamente a la red; el campo de TA es la dirección de la STA al transmitir la trama RTS.

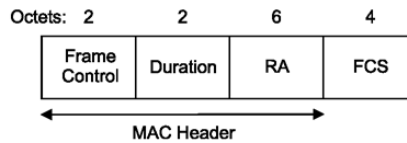
Para todas las tramas RTS enviados por STA no QoS, el valor de duración es el tiempo, en microsegundos, requerido para transmitir la trama en espera de los datos o de gestión, además de una trama CTS, más una trama ACK, más tres intervalos de SIFS.

Figura 14. Formato de la trama CTS.



Tomado de IEEE 802.11TM -2012 parte 11. p 405

Figura 15. Formato de la trama ACK.



Tomado de IEEE 802.11TM -2012 parte 11. p 405

2.3 CABLEADO EN LAN

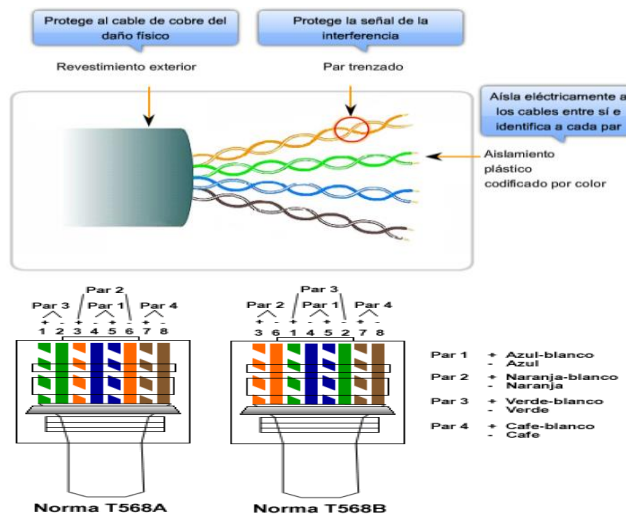
El cableado de Red UTP Unshielded twisted pair o par trenzado no blindado es utilizado para interconexión de equipos de red y comunicaciones está compuesto por 8 hilos, 4 pares de color entorchados entre sí para disminuir interferencia que combinados de formas diferentes según la norma ofrece dos tipos de conexión diferente llamadas conexión directa y cruzada en la que la diferencia está en la igualdad o no de la combinación u orden de colores en cada una de los pines de cada uno de los terminales o conectores RJ45. **Normalizado según la norma TIA/EIA-568 e ISO/IEC 11801.** Cabe mencionar que el tipo de conexión directa o cruzada entre equipos la determina la categoría de equipos en red ya sean equipos terminales o de comunicación denominados Equipo terminal de datos DTE como host pc, impresora, teléfono IP y equipo comunicador de datos DCE como router, switch, bridge resaltando la importancia del nivel físico del modelo referencial OSI ya que de usar el tipo de conexión incorrecta no habrá transferencia de datos, obviamente ningún tipo de comunicación.

Tabla 4 Tipos de cable y conexiones de red

Tipo de cable	Estándar	Aplicación
Cable directo de Ethernet	Un extremo T568A, otro extremo T568B	Conexión de un host de red a un dispositivo de red como un switch o hub.
Cruzado Ethernet	Un extremo T568A, otro extremo T568B	Conexión de dos hosts de red. Conexión de dos dispositivos intermedarios de red (switch a switch o router a router).

Tomado de CCNA explorer 4 conceptos básicos de enrutamiento. En: Capítulo 6, Capa física. Cisco networking academy

Figura 16. Cable Ethernet y normas EIA/TIA.



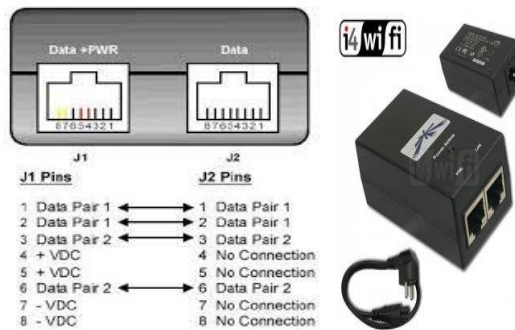
Autoría propia

2.3.1 Power over Ethernet (PoE). Potencia sobre cable de red es una tecnología que incorpora alimentación eléctrica a una infraestructura LAN cableada IEEE802.3 permitiendo que el suministro o alimentación eléctrica a un dispositivo de red (switch, punto de acceso, router, teléfono o cámara IP, etc) se haga usando el mismo cable que se utiliza para la conexión de red. Eliminando la necesidad de utilizar tomas de AC y adaptadores o convertidores AC/DC en los sitio de ubicación del dispositivo para aquellos sitios remotos además de excesivos cableados eléctrico.

PoE se rige bajo la norma IEEE 802.3af estando diseñado de manera que no afecte las tasas de transmisión de datos de la red o llegue a reducir el alcance de esta. La corriente suministrada a través de la infraestructura LAN se activa de forma automática cuando se identifica un terminal compatible y se bloquea ante dispositivos preexistentes que no sean compatibles. Esta característica permite a los usuarios mezclar en la red dispositivos preexistentes con dispositivos compatibles PoE.

Actualmente existen en el mercado dispositivos de red como switches o hubs que soportan esta tecnología sin embargo para implementar PoE en una red que no se dispone de dispositivos que la soporten directamente se usa una unidad base o inyector PoE (con conectores RJ45 de entrada y de salida) y alimentación AC/DC para que el dispositivo final en nuestro caso cada ATS AP obtenga la energía eléctrica necesaria para operar a través del cable UTP para su funcionamiento.

Figura 17. Adaptador PoE, funcionamiento y disposición física



Autoría propia

2.4 SEGURIDAD EN WLAN⁹.

2.4.1 Amenazas a la seguridad inalámbrica. La seguridad de las redes inalámbricas puede verse vulnerada de diferentes formas, una WLAN está abierta a cualquier persona dentro del alcance de un punto de acceso y de las credenciales apropiadas para asociarse a él tan solo con un WNIC y conocimiento de técnicas de decodificación, un atacante no tendrá que entrar físicamente al espacio de trabajo para obtener acceso a una WLAN.

Según CCNA 3, se clasifican tres categorías importantes de amenaza:

- Buscadores de redes inalámbricas abiertas
- Piratas informáticos (Crackers)
- Empleados

Los buscadores de redes utilizan herramientas con propósito legítimo, como los husmeadores inalámbricos, permiten a los ingenieros de red capturar paquetes de información para depurar el sistema. Los intrusos pueden utilizar estas mismas herramientas para explotar las debilidades de seguridad, por otra parte un AP no autorizado que se utiliza para interferir con la operación normal de la red sin consentimiento del administrador que si se configura correctamente se puede capturar información del cliente.

⁹ ARIGANELLO Ernesto y BARRIENTOS Enrique. REDES CISCO CCNP A FONDO guía de estudio para profesionales. Alfa y omega grupo editor. México DF 2010. P.479-495

Uno de los ataques más sofisticados que un usuario no autorizado puede realizar se llama ataque de hombre-en-el-medio o "*man in the middle*" (MITM) en el cual el atacante selecciona un host como objetivo y se posiciona lógicamente entre el objetivo y el *router* o *gateway* del objetivo.

Para resaltar, En ambientes de LAN802.3 el atacante necesita acceder físicamente a la LAN para insertar un dispositivo lógico dentro de la topología mientras que en una WLAN las ondas de radio emitidas por los puntos de acceso pueden proveer la conexión.

2.4.2 Protocolos de seguridad inalámbrica. Se introdujeron dos tipos de autenticación con el estándar 802.11 original y para las redes 802.11 los clientes se autentican con el AP utilizando alguno de los siguientes métodos: Autenticación abierta. Ofrece acceso abierto al AP.

Pre-Shared key (PSK). Se define una clave WEP (*wireless equivalence protocol*)

Siendo considerados estos dos anteriormente mencionados como métodos antiguos, no escalables y poco seguros.

Los métodos basados en EAP (*Extensible Authentication Protocol*) son mecanismos básicos en WLAN y luego ver las debilidades de una seguridad basada en WEP, hubo un período de medidas de seguridad internas y diferentes proveedores como Cisco al querer cumplir con la demanda de mejor seguridad desarrollaron sus propios sistemas mientras ayudaban simultáneamente a desarrollar el estándar 802.11i, ya en el camino hacia el estándar se creó el algoritmo de encriptación TKIP, que estaba enlazado con el método de seguridad de Acceso protegido Wi-Fi (WPA) de la Wi-Fi Alliance.

WPA (Wi-Fi Protected Access). Utiliza varios de los componentes del estándar 802.11i que se centra en resolver problemas de seguridad

- Privacidad de los datos con TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*)
- Integridad de los datos con MIC (*Message Integrity Check*)

WPA 2 (WPA versión 2) Utiliza AES (*Advanced Encryption Standard*) para la encriptación de los datos y PKC (*Proactive Key Caching*) para la autenticación del cliente.

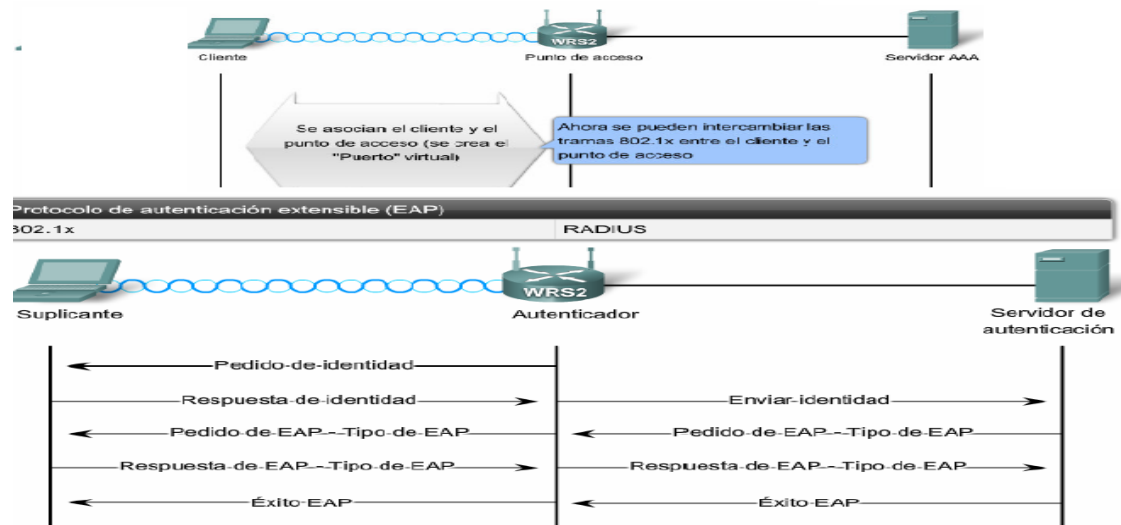
Hoy día el estándar que rige la seguridad WLAN es el IEEE802.11i.

Tabla 5 Protocolos de seguridad WLAN

Acceso abierto	Encriptación de primera generación	Provisoria	Presente
SSID	WEP	WPA	802.11i/WPA2
- sin encriptación - Autenticación básica - Manejo no seguro	- Sin autenticación fuerte - Claves estáticas, frágiles - No escalable	- Estandarizada - Encriptación mejorada - Autenticación fuerte, basada en el usuario (por ejemplo, LEAP, PEAP, EAP-FAST)	- Encriptación AES - Autenticación: 802.1X - Administración de clave dinámica - WPA2 es la implementación Wi-Fi Alliance de 802.11i

Tomado de CCNA explorer 4 Capitulo 7 En: Wireless LAN. P.632 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

Figura 18. Autenticación en WLAN



Tomado de CCNA explorer. Switching and routing En: Capitulo 7, Wireless LAN . P.634 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

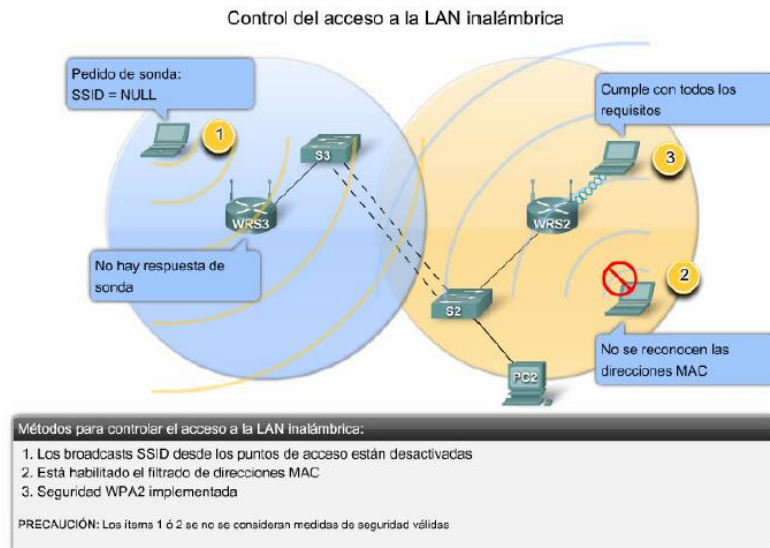
2.4.3 Protección de una WLAN. Los protocolos anteriormente mencionados permiten proporcionar seguridad a una red inalámbrica pero de nada servirán sino se implementan políticas rígidas de seguridad que den crédito a la confidencialidad de datos como:

- Conservación de contraseñas de acceso por parte de los empleados
- No acceso a los equipos por parte de personal ajeno a la empresa
- No inserción de dispositivos de almacenamiento sobre los puertos USB

- Camuflaje SSID Deshabilite los *broadcast* SSID de los puntos de acceso
- Filtrado de direcciones MAC - Las Tablas se construyen a mano en el punto de acceso para permitir o impedir el acceso de clientes basado en su dirección de hardware
- Implementación de la seguridad WLAN - WPA o WPA2

Una consideración adicional para un administrador de redes alerta es configurar AP cercanos a las paredes exteriores de edificios para transmitir en una configuración de energía menor que los otros puntos de acceso cercanos al centro del edificio para reducir la RF en el exterior del edificio donde cualquiera que ejecute una aplicación *snnifer Wireless* pueda ingresar a la WLAN.

Figura 19. Control de acceso WLAN



Tomado de CCNA Explorer 4 Switching and routing En: Capitulo 7, Wireless LAN. p.637 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

2.5 BENEFICIOS DE LAS REDES LAN INALÁMBRICAS¹⁰

Las redes LAN inalámbricas ofrecen beneficios tanto de corto como de largo plazo existiendo razones suficientes para su implementación entre las que destacan:

¹⁰ CISCO SYSTEM. Beneficios de WLAN. Disponible desde internet en http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/la/wireless_lan/index.html

- **Comodidad:** Todas las computadoras portátiles y muchos teléfonos móviles están equipados con la tecnología Wi-Fi necesaria para conectarse directamente a redes LAN inalámbricas. Los empleados pueden usar una red LAN inalámbrica para acceder en forma segura a los recursos de red desde cualquier lugar en sus instalaciones.
- **Movilidad:** Los empleados pueden permanecer conectados a la red a través de una red LAN inalámbrica, incluso cuando no están en sus escritorios. Las personas en reuniones pueden acceder a documentos y aplicaciones con una red LAN inalámbrica. Los vendedores pueden usar una LAN inalámbrica para buscar en la red datos importantes desde cualquier lugar.
- **Productividad:** Las redes LAN inalámbricas ofrecen al personal y otras personas un cómodo acceso a información y aplicaciones importantes de la empresa. Los visitantes (tales como clientes, contratistas o proveedores) pueden usar la red LAN inalámbrica para acceder en forma segura como usuarios temporales a Internet y a sus datos comerciales.
- **Facilidad de configuración:** Como las redes LAN inalámbricas no requieren tender cables físicos, se pueden instalar en forma rápida y económica. Con las redes LAN inalámbricas también es más fácil llevar conectividad a lugares de difícil acceso, como bodegas o plantas de producción.
- **Escalabilidad:** Generalmente, las redes LAN inalámbricas pueden ampliarse con equipos existentes, mientras que las redes cableadas pueden requerir cables y otros materiales adicionales.
- **Seguridad:** Controlar y administrar el acceso a la red LAN inalámbrica es importante para su éxito. Los avances en tecnología Wi-Fi proporcionan una sólida protección, para que sólo las personas que usted permita puedan acceder fácilmente a sus datos.
- **Costo:** Puede costar menos operar una red LAN inalámbrica, que elimina o reduce los costos de cableado durante los traslados de oficina, reconfiguraciones o expansiones.

2.6 ESTADO DEL ARTE.

El estándar IEEE802.11 WLAN ha venido mejorando tras la aparición de diferentes grupos de trabajo dedicado al desarrollo y evolución de este, razón por la cual son cada vez más y mejores los tipos de estándar WLAN 802.11x establecidos por el IEEE cada uno con características especiales que lo diferencian de los demás con el firme propósito de ofrecer mayores tasas de transmisión y aumentar la gama de servicios dentro del auge de la movilidad y la conexión *Wireless* para una tecnología que en un principio se utilizó básicamente para extender o expandir las redes de área local cableadas facilitando la instalación y administración de la red.

Con el auge de la movilidad la tecnología ha encontrado grandes retos apareciendo cada vez más fabricantes en la invasión del mercado de dispositivos móviles certificados Wi-Fi como laptop, Tablet, Smartphone, Smart tv, Smart camera entre otros dispositivos como sinónimo de acceso WLAN, razón por la cual nos encontramos cada vez más inmersos en las redes de área local inalámbrica WLAN de tipo privado o público, académico, empresarial dentro de las que se destacan universidades, colegios, hospitales, aeropuertos, parques inclusive automóviles, aeronaves, tranvías, subterráneos entre otros lugares en un mundo en el que es cada vez más una realidad que una necesidad la conexión sin cables con disponibilidad de 24horas/7días mientras se está en estado de reposo o se requiere algún tipo de movimiento.

Con una red LAN inalámbrica, los empleados, estudiantes, viajeros, transeúntes, peatones y demás usuarios potenciales de la red pueden acceder de manera fácil, rápida y cómoda a documentos, correo electrónico, aplicaciones y otros recursos de red en cualquier momento mientras recorren de forma simultánea las instalaciones de su empresa, universidad, colegio o bien se encuentran en plazas o parques públicos, salas de espera, salas de abordaje, estaciones del tren entre otros aumentando su productividad y reduciendo para las empresas considerablemente los costos de despliegue de una infraestructura de red.

En el 2013, el 25% de los hogares de todo el mundo tenía Wi-Fi gratuita y se espera que el total llegue a subir a 42% en 2016. El año pasado (2013), Wi-Fi Alliance informa que los consumidores compraron unos 2 mil millones de dispositivos inalámbricos, viendo cómo se convierte "la conectividad sin fisuras" el camino del mundo. El 61%, en los Estados Unidos país que ocupa el octavo lugar en el mundo con el número de hogares de Wi-Fi, de acuerdo con la consultora Strategy Analytics Corea del Sur encabeza la lista con 80,3%.¹¹

¹¹ Davis Felner, Kelly. Vice Presidente de Marketing de *Wi-Fi Alliance* disponible desde internet en: http://www.today.mcombs.utexas.edu/2014/04/kelly-davis-felner-wi-fi?utm_campaign=Engagement&utm_medium=social&utm_source=twitter

Tabla 6 Estándares IEEE 802.11

<i>Standard</i>	<i>Key features</i>
802.11a	High speed WLAN standard, supporting 54 Mbps data rate using OFDM modulation in the 5 GHz ISM band.
802.11b	The original Wi-Fi standard, providing 11 Mbps using DSSS and CCK on the 2.4 GHz ISM band.
802.11d	Enables MAC level configuration of allowed frequencies, power levels and signal bandwidth to comply with local RF regulations, thereby facilitating international roaming.
802.11e	Addresses quality of service (QoS) requirements for all 802.11 radio interfaces, providing TDMA to prioritise and error-correction to enhance performance of delay sensitive applications.
802.11f	Defines recommended practices and an Inter-Access Point Protocol to enable access points to exchange the information required to support distribution system services. Ensures inter-operability of access points from multiple vendors, for example to support roaming.
802.11g	Enhances data rate to 54 Mbps using OFDM modulation on the 2.4 GHz ISM band. Interoperable in the same network with 802.11b equipment.
802.11h	Spectrum management in the 5 GHz band, using dynamic frequency selection (DFS) and transmit power control (TPC) to meet European requirements to minimise interference with military radar and satellite communications.
802.11i	Addresses the security weaknesses in user authentication and encryption protocols. The standard employs advanced encryption standard (AES) and 802.1x authentication.
802.11j	Japanese regulatory extension to 802.11a adding RF channels between 4.9 and 5.0 GHz.
802.11k	Specifies network performance optimisation through channel selection, roaming and TPC. Overall network throughput is maximised by efficiently loading all access points in a network, including those with weaker signal strength.
802.11n	Provides higher data rates of 150, 350 and up to 600 Mbps using MIMO radio technology, wider RF channels and protocol stack improvements, while maintaining backward compatibility with 802.11 a, b and g.
802.11p	Wireless access for the vehicular environment (WAVE), providing communication between vehicles or from a vehicle to a roadside access point using the licensed intelligent transportation systems (ITS) band at 5.9 GHz.

Tomado de Steve Rackley .implementing wireless LAN cap 6 En: Wireless networking technology from Principles to successful implementation. Formato pdf disponible desde internet en <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=151>

2.6.1 Nuevos estándares, velocidades más altas. Para Phanse¹² La ratificación de un nuevo estándar Wi-Fi en la forma de IEEE 802.11ac, apodado como Gigabit Wi-Fi 802.11ac utiliza canales más anchos (80 MHz y 160 MHz), en comparación con 802.11n (20 MHz y 40 MHz) en la banda de frecuencia relativamente limpio 5 GHz y permite velocidades de datos de hasta 1,3 Gbps, deduciendo que será

¹² Phanse, Kaustubh. A New Standard, Higher Speeds. En: The Future of Enterprise WLAN in 2013 and Beyond. Disponible desde internet en: <http://blog.airtightnetworks.com/the-future-of-enterprise-wlan-in-2013-and-beyond/>

como sucedió con el 802.11n, los primeros despliegues 802.11ac serán principalmente los puntos de acceso. En el año 2013 ya hubo anuncios de soporte 802.11ac en dispositivos móviles, sin embargo, la adopción generalizada del estándar se espera que sea desde 2014 hasta 2015, cuando se cree la mayoría de los clientes Wi-Fi apoyará la norma.

Wi-Fi Alliance afirma que ha seguido evolucionando para satisfacer a los usuarios y las exigencias de uso, mejorar el acceso a los contenidos sin sacrificar la interoperabilidad y la seguridad. *ABI Research* predice que los envíos de chips de doble banda Wi-Fi incluyendo tanto 802.11n y 802.11ac serán superior a 1,5 millones a finales de 2014.

2.6.2 WLAN 80211.n. Tecnología Wi-Fi avanzada basada en el estándar 802.11n asegura que un producto puede ofrecer la mejor experiencia de usuario con la tecnología WIFI ya que puede ofrecer cinco veces o más la velocidad y hasta dos veces el rango de la mayoría de estándares WLAN.

Principales ventajas:

- Rendimiento y velocidad
- Alto rendimiento para aplicaciones simultaneas ricas en contenido y gran ancho de banda, como la música, los juegos y vídeo.
- Inteligencia de red para ayudar a garantizar que su contenido multimedia se ve y suena bien.
- Alcance extendido en toda la casa, reduciendo drásticamente "puntos muertos"
- Soporte alto de usuarios sin sacrificar la potencia de la señal

Opera tanto en los 2,4 GHz y 5 GHz siendo compatible con 802.11a/b/g.

La adopción por parte del usuario de redes de doble banda ha ido en aumento en los últimos años y se espera que aumente significativamente en los próximos tras la introducción de las redes de "dual band" con la última variante IEEE802.11ac

Cantidad incontable de productos certificados 802.11n se encuentran en el mercado de hoy, el buscador de productos* *Wi-Fi CERTIFIED* disponible en internet proporciona una lista en tiempo real de la tecnología 802.11n en diferentes categorías.

2.6.3 WLAN 80211.ac. Es la última generación de la tecnología Wi-Fi, que ofrece tasas de datos de hasta un gigabit por segundo, permitiendo a los dispositivos manejar las aplicaciones más exigentes, tales como Ultra HD y vídeo de 4K,

* De la WiFi Alliance, proporciona información sobre productos certificados 802.11n disponible desde internet en la dirección : <http://www.wi-fi.org/certified-products-results?capabilities%5B41%5D=41>

streaming multimedia y la transferencia rápida de archivos en *tabletas*, dispositivos de juegos, teléfonos móviles y muchos otros dispositivos. Basado en el estándar IEEE 802.11ac, dispositivos Wi-Fi ac certificados ofrecen una mayor capacidad, mejor administración de energía y una menor latencia para manejar fácilmente las exigentes aplicaciones actuales al tiempo que prepara el camino para nuevos productos y servicios en el hogar, en los lugares públicos, y en las redes empresariales por igual.

Construido sobre la base de alto rendimiento de la tecnología Wi-Fi 802.n opera en la frecuencia de 5 GHz, donde los dispositivos pueden hacer uso de un mayor ancho de banda para conseguir una mayor velocidad de datos. La mayoría de los productos son de banda dual, operando tanto en los 2,4 GHz y 5 GHz.

Las redes de banda dual doblan la capacidad, ya que los dispositivos pueden usar la banda de 5 GHz menos concurrido para aplicaciones de alto rendimiento, y la banda de 2,4 GHz para las necesidades básicas.

2.7 APLICACIONES WLAN

La revolución de internet no tiene cabida para limitantes de ideas, surgiendo innovaciones que transforman la vida cotidiana como lo conocíamos hasta ahora llegando al punto de desarrollar lo que en un momento no muy lejano se consideró de ficción, a sabiendas que llegará el día en que las personas se pregunten como puedo hacer sin esto o aquello inclusive cuestionando como pudo haber sido antes, haciendo referencia a dispositivos *Wi-Fi* de uso cotidiano para usar sobre WLAN.

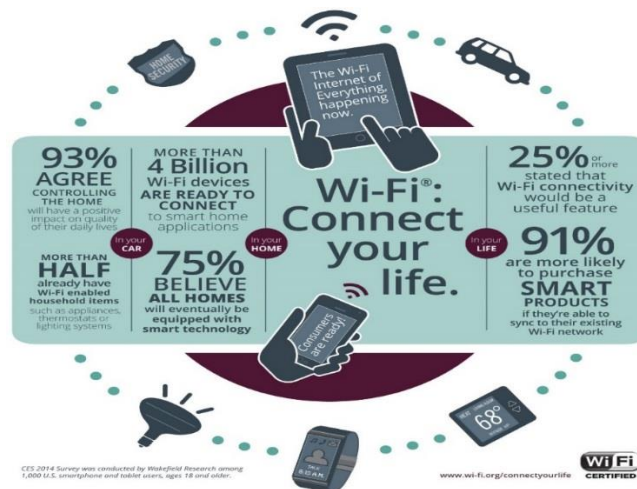
2.7.1 WLAN en la cotidianidad. "En la industria de Wi-Fi se ha vendido más de un dispositivo para cada persona en la Tierra, y estamos aprovechando esta adopción masiva para cumplir con la visión de la casa inteligente, Wi-Fi ya ha dado a los consumidores la conectividad como no se la imaginaban, y nuestras innovaciones en la facilidad de uso, el descubrimiento, y el poder están poniendo Wi-Fi en el centro mismo de la Internet de Todo".¹³

Actualmente existen una gran variedad de aplicaciones residenciales Wi-Fi para la seguridad, la vigilancia y sistemas de control, electrodomésticos además de productos para el hogar incluyendo el termostato *Nest*, *Belkin Wemo switch*, bombillas *LIFX*, *Lockitron*, y el *Garmin Forerunner 620 (smartwatch)* entre muchos otros como sistemas de riego y maquinas lavadoras que inmediatamente se añaden a la misma red inalámbrica de área local WLAN que el ordenador, la tableta y/o *Smartphone*.

¹³ Figueroa Edgar. presidente y director ejecutivo de Wi-Fi Alliance. Disponible desde internet en <http://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-connectivity-increases-purchase-likelihood-for-smart-home-devices>

Una nueva investigación llevada a cabo en nombre de la Wi-Fi Alliance ® Encuesta CES 2014 realizada por *Wakefield Research* demuestra que los consumidores están dispuestos a adoptar una serie de aplicaciones conectadas tales como la seguridad en el hogar, la energía inteligente, y de información y entretenimiento en el vehículo; la figura 20 ilustra los resultados de la encuesta.

Figura 20. Resultados CES 2014



Fuente: Wi-Fi® connectivity increases purchase likelihood for smart home devices

Las expectativas de los consumidores para una vida conectada se están expandiendo más allá del mundo de los ordenadores y dispositivos móviles para incluir una amplia gama de domótica y dispositivos de automoción inteligente para una tecnología que lo pone todo al alcance.

En Colombia Municipios de Santander tendrán 80 puntos Wi-Fi, de esta forma a los 12 puntos Wi-Fi que se pusieron a disposición en parques de Bucaramanga se sumarán 80 puntos para el resto de municipios, publico vanguardia liberal en su edición del 3 de diciembre del 2013 en su sección economía local.

“Lo que ha pensado el gobierno departamental es que por lo menos en un parque de cada municipio se tenga una zona wi-fi. Adicionalmente se impulsará una plataforma virtual de negocios para los empresarios del departamento y se aportarán recursos para el programa Gobierno en Línea, para que muchos más santandereanos puedan acceder a trámites de forma virtual”¹⁴.

¹⁴ Redacción económica. Municipios de Santander tendrán 80 puntos wifi. [En:Vanguardia.com](http://www.vanguardia.com). Lunes 09 de Diciembre de 2013. disponible desde internet en: <http://www.vanguardia.com/economia/local/237382-municipios-de-santander-tendran-80-puntos-wifi>

2.7.2 WLAN en el sector Salud.¹⁵. Muchos hospitales en los EE.UU. utilizan una alternativa a la conexión Wi-Fi llamado WMTS (Servicio Médico de telemetría inalámbrica). Mientras Wi-Fi opera tanto en la licencia 2.4GHz como de 5GHz de espectro de frecuencias radioeléctricas, WMTS opera principalmente en la frecuencia ultra alta (UHF) donde la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) ha destinado una parte del espectro para WMTS, siendo el único espectro de frecuencias designada exclusivamente para los sistemas de telemetría médica. El uso de Wi-Fi para la conectividad de dispositivos médicos a una red de hospitales trae muchos beneficios para el cuidado de pacientes, los administradores de dispositivos, e incluso en la parte comercial del hospital, entre otros beneficios tenemos:

- REM: Una vez que un dispositivo médico se asocia a un paciente, los datos de dispositivos médicos pueden ser almacenados en la historia clínica electrónica del paciente (REM) conduciendo a una mejor atención del paciente debido al acceso constante a la información.
- Monitoreo y gestión: Un dispositivo conectado a la red se puede controlar desde un punto central de control, como la estación de enfermería y también puede dar alertas visuales de posibles problemas con los pacientes.

Hoy en día Wi-Fi es ampliamente utilizado en el ámbito hospitalario como la columna vertebral de comunicaciones ofreciendo a los médicos y los departamentos de TI una fiable transmisión de datos y mensajería segura, al ser flexible para crecer y adaptarse a las necesidades cambiantes del medio hospitalario y a la prescindible proliferación de dispositivos Wi-Fi que hacen de las WLAN ideales bajo el uso de productos certificados asegurando la compatibilidad en un entorno variado.

¹⁵ Bolinger Chris y Sheerer Natalie, The benefits, challenges of implementing Wi-Fi for medical device connectivity. disponible desde internet en <http://searchhealthit.techtarget.com/healthitexchange/CommunityBlog/the-benefits-challenges-of-implementing-wi-fi-for-medical-device-connectivity/>

Figura 21. Dispositivos Wi-Fi conectados a redes WLAN en el hospital



Fuente: engineering-the-wireless-hospital-mobility-and-connectivity

El número de dispositivos para acceso a redes WLAN en los hospitales está aumentando significativamente de manera tal que la comunicación Wi-Fi puede estar presente en un piso del hospital o en todo.

Hay una gran variedad de aplicaciones que utilizan y dependen de Wi-Fi. Entre ellos se incluyen bombas de infusión, dispositivos de monitorización de oxígeno y camas inteligentes, junto con aplicaciones de información de misión crítica, como el acceso a los registros médicos electrónicos (EMR) y acceso en tiempo real a los rayos X y resonancia magnética. Tele presencia médica entregada a través de Wi-Fi ayuda a disposición de escala de la atención médica de alta calidad a las zonas remotas y desatendidas¹⁶.

El crecimiento del número de dispositivos médicos crece con tendencia a un número cada vez mayor preocupando a diseñadores de sistemas y administradores de red ya que se enfrentan a nuevos retos como la capacidad de la red y la escalabilidad, la coexistencia de dispositivos, movilidad y consumo de energía.

2.7.3 WLAN en el sector educación. Al igual que muchos otros sectores el educativo se ha visto potenciado tras la aparición del estándar WLAN, tanto en el sector público como privado desde las escuelas de básica primaria hasta la educación superior en edificios de universidades o en campus se ofrece a los estudiantes la posibilidad de “conectarse” a través de sus dispositivos Wi-Fi dentro del concepto de educación 2.0 haciendo uso de TICs para procesos de formación en el aula de clases dejando atrás la metodología tradicional en la que el docente es la única fuente de información en el aula apareciendo además del

¹⁶ Wifi Alliance .Descubre WiFi. Cuidado de la salud .Wi-Fi conecta a proveedores con los pacientes a través de una variedad de entorno. Disponible desde internet en: <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/healthcare>

portátil y la tableta las mesas digitales, tableros inteligentes y aplicaciones web académicas a través de la WLAN entre otros.

Dice Crowe¹⁷ director de ingeniería de redes del *Apollo Group* los estudiantes modernos son mucho más afines a la tecnología, ellos pueden llevar dos, tres, a veces cuatro dispositivos inalámbricos diferentes al aula con capacidad para acceder al Internet. Tenemos que ser capaces de dar cabida a todos ellos, nuestros centros de aprendizaje son un recurso vital para nuestros estudiantes, queremos que estos centros sean el ambiente educativo ideal, todo debe estar disponible: la investigación en Internet, correo electrónico, colaboración, video, contenido de clase, etc. También acreditar las instalaciones como seguras, por lo cual los activos de todo usuario están a salvo.

2.8 DESCUBRIENDO WI-FI¹⁸

2.8.1 Wi-Fi Direct. Tecnología que permite a los dispositivos Wi-Fi conectarse directamente, siendo simple y conveniente para imprimir, compartir, sincronizar entre otros. Los productos que llevan la marca de certificación Wi-Fi Direct pueden conectarse entre sí con dispositivos cercanos sin unirse a una red de hogar tradicional, oficina, etc. Además con Wi-Fi Direct, su red Wi-Fi personal va con usted a donde valla necesitando solo un dispositivo certificado WIFI direct para formar un grupo.

Ahora, Wi-Fi no es sólo para el acceso a Internet se refiere además a la conexión de todos los dispositivos Wi-Fi que usted y sus amigos tienen (en cualquier momento y en cualquier lugar) para una vida conectada. El primer teléfono inteligente con certificación Wi-Fi Direct fue el Samsung Galaxy S (GT-I9000). (Nov 2010)¹⁹

2.8.2 Wi-Fi PassPoint. Lanzado en 2012 como una solución de la industria para simplificar el acceso de red en AP y eliminar la necesidad de los usuarios a encontrar y autenticarse una red cada vez que se conectan transformando la experiencia de AP Wi-Fi.

¹⁷ CROWE, Dennis. Apollo Group builds Cisco Borderless Network to deliver high-performance wireless and media services for hundreds of U.S. classrooms. En: National Higher Learning Institution Builds Campuses of the Future. Cisco Borderless Network Case Study.2011.Formato pdf. Disponible desde internet en: http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/case_study_c36-658655.pdf

¹⁸WiFi Alliance. Discover Wifi. Disponible en internet desde: www.wi-fi.org/discover-wi-fi

¹⁹ Wikipedia. WiFi Direct. Comercialización .Disponible en internet desde http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Direct.

En las redes Wi-Fi que no soportan PassPoint los usuarios deben buscar y elegir una red, debe solicitar la conexión al (AP) cada vez y en muchos casos, tienen que volver a introducir sus credenciales de autenticación. PassPoint automatiza todo el proceso permitiendo una conexión sin fisuras entre el AP y los dispositivos móviles, todo ello con la más alta seguridad WPA2. También llamado *Hotspot 2.0*²⁰.

2.8.3 Wi-Fi Protected setup. Es un programa de certificación opcional basado en una tecnología diseñada para facilitar la configuración de redes Wi-Fi habilitadas con seguridad en entornos domésticos y pequeñas oficinas. Configuración Wi-Fi protegida es compatible con los métodos (presionar botón, introducir PIN o el uso de NFC) que son familiares para la mayoría de los consumidores para configurar una red y activar la seguridad.

2.8.4 Miracast. Es una solución innovadora para la visualización de multimedia entre dispositivos, sin necesidad de cables o una conexión de red. Los usuarios pueden hacer cosas como ver imágenes de un teléfono inteligente en un televisor de pantalla grande, compartir una pantalla de ordenador portátil con el proyector en la sala de conferencias en tiempo real, y ver programas en directo desde un decodificador en casa en una tableta. Las conexiones *Miracast* se forman a través de *Wi-Fi CERTIFIED Wi-Fi Direct*, por tanto no es necesario el acceso a una red Wi-Fi, la capacidad de conectarse se encuentra dentro de los dispositivos certificados por *Miracast* pudiendo ver el usuario lo que quiere donde quiera.

2.8.5 Wi-Gig. Viniendo en el 2015. Basada en la especificación IEEE 802.11ad; el impulso de la Industria y la anticipación del usuario sobre la tecnología de 60 GHz de frecuencia está creciendo. Wi-Gig es una tecnología que utiliza la banda de 60 GHz para soportar velocidades de datos de hasta 7 Gbps, baja latencia, y seguridad a la conectividad con protección entre dispositivos cercanos además permite a los dispositivos para cambiar de forma transparente a otras bandas de frecuencia de ser necesario. Casos de uso populares para Wi-Gig incluyen sustitución de cable para las extensiones de E/S y pantalla, acoplamiento inalámbrico entre dispositivos como ordenadores portátiles y tabletas, sincronización instantánea, copia de seguridad y transmisiones múltiples simultáneas de ultra alta definición y vídeos 4K. Multi-gigabit, provee conectividad de baja latencia.

2.9 BYOD (Bring Your Own Device)

²⁰ Hratko Steve. Ruckus Wireless. En: Hotspot 2.0 Moves Out. Disponible desde internet en <http://www.dailywireless.org/2013/11/18/hotspot-2-0-moves-out/>

Un estudio sobre las tendencias de virtualización y BYOD de Cisco IBSG²¹ (Internet Business Solutions Group) Horizons realizada en el año 2012 encuestó a 600 líderes de TI empresariales de diferentes sectores llegando a concluir que cuando se trata de obtener todos los beneficios de la movilidad, la tendencia BYOD es solo la punta del iceberg, muchos otros elementos también intervienen, la nube cumplirá un papel fundamental para poder llevar a cabo BYOD. Sin embargo, estas tendencias ya están teniendo un efecto significativo en la empresa y, seguramente, seguirán en ascenso durante los próximos meses.

El estudio arroja resultados como:

- En el año 2014, la cantidad promedio de dispositivos conectados por cada trabajador del conocimiento alcanzará el 3,3.
- El 78% de los profesionales y personal administrativo en los Estados Unidos utilizan un dispositivo móvil para trabajar.
- Entre los encuestados, las dos ventajas más citadas del BYOD fueron que mejora la productividad del empleado y genera una mayor satisfacción laboral.

La fuerza de trabajo actual es móvil y en las empresas los empleados prefieren usar sus dispositivos personales en el trabajo, la adopción de BYOD mejora la productividad, permite la reducción de costos de despliegue y habilita la innovación pero pone gran presión sobre el departamento de tecnología e informática o administradores de red, por tales razones una infraestructura y soluciones de colaboración adecuadas es fundamental para que cualquier empresa se prepare y lleve adelante exitosamente la adopción de nuevas tendencias tecnológicas que generan nuevo tráfico de red.

Para Phanse²² la tendencia **BYOD** (*Bring Your Own Device*) traiga su dispositivo haciendo referencia a empleados, estudiantes, transeúntes, espectadores y demás casos de uso que utilizan *Smart phones* y *tablets* personales en el trabajo, colegio, universidad, aeropuerto ha impulsado significativamente la adopción de Wi-Fi y la evolución en el último par de años, dando lugar también a una tendencia cada vez mayor a la aparición de dispositivos no autorizados Wi-Fi, por

²¹ BARBIER, JOEL et al. BYOD y virtualización. Las 10 ideas principales del estudio Cisco IBSG Horizons 2012, Informe sobre la encuesta. Disponible desde internet en:

http://www.cisco.com/web/LA/ofertas/trabajo_sin_fronteras/pdfs/byod_top_10_insights.pdf

²² Phanse, Kaustubh. A New Standard, Higher Speeds. En: The Future of Enterprise WLAN in 2013 and Beyond. Disponible desde internet en <http://blog.airtightnetworks.com/the-future-of-enterprise-wlan-in-2013-and-beyond/>

ejemplo, *Rogue APs**, *soft Rogue APs* y los teléfonos Wi-Fi *hotspots*, en redes empresariales.

* AP instalado sin consentimiento del administrador de la red pudiendo ser para permitir a un hacker iniciar un ataque a la seguridad llamado *man-in the-middle*

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 IMPLEMENTACIÓN DE WLAN 802.11

La implementación de redes inalámbricas puede hacerse de diversas formas para lo cual se debe escoger la metodología indicada según las características específicas de la red tanto los requerimientos técnicos y de usuario, los servicios, la dimensión, escalabilidad de la red entre otros.

La utilización de herramientas software para etapas de diseño previas a la implementación es sin duda un elemento clave o paso esencial dentro del proceso ya que generan una visión menos subjetiva del comportamiento de ondas RF en el entorno además que reduce el tiempo de recuento a la hora de determinar el número total de Access Point (AP) según la zonas de interés.

Según RACKLEY ²³ Cinco pasos claves se deben seguir para la implementación satisfactoria o exitosa de *Wireless LAN*.

3.1.1 Evaluación de requerimientos y elección de la tecnología indicada. Se inicia con una **Recopilación teórica**. Consiste en la recopilación de información teórico técnica referente al desarrollo del proyecto como normas y estándares que rigen la implementación de WLAN para realizar el estudio del estado del arte de WLAN, además se visitarán las instalaciones de interés para ubicar los planos de planta física e infraestructura así como la topología de LAN existente.

Análisis de requerimientos. En consenso con el administrador de la red o responsable del proyecto de implementación de la WLAN se emiten los requerimientos de usuario y de la red, además de considerar formas de obtención de detalles como la encuesta a los potenciales usuarios de la WLAN acerca de las características de implementación de la red.

Cotización y adquisición de equipos. Con el fin de optimizar recursos y reducir costes se busca adquirir equipos de calidad sin llegar a sobrepasar el presupuesto acudiendo a diferentes fabricantes con el fin de seleccionar el equipo idóneo considerando la relación coste /beneficio.

²³ Rackley, Steve. *Wireless Networking Technology: From Principles to Successful Implementation*: Newnes. p 186,187. Disponible desde internet en <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=186>

3.1.2 Planeación y diseño de la WLAN. Teniendo en cuenta las topologías de red existentes, se identifica y selecciona el segmento de direcciones *IP* para la red inalámbrica, se planea la creación de subredes, *VLAN*, se planea la ubicación tentativa de equipos de infraestructura como *AP* sobre planos, obteniendo un primer diseño de red de cara al estudio de viabilidad y posterior test piloto.

Estudio de viabilidad. Comprende visitas a las instalaciones del cliente para determinar los factores implicados en el diseño como la correcta ubicación de los *AP* y la cantidad determinando zonas de cobertura *WLAN* así como niveles de potencia de radiación entre otros factores de incidencia, para lo cual se vale de un diseño de infraestructura física en base a la planimetría de la arquitectura del colegio (en 2D) teniendo en cuenta la red cableada actual.

3.1.3 Test piloto. Se llevarán a cabo pruebas que constaten la elección de una tecnología indicada en base a cobertura y ubicación del *AP*-test en pruebas de campo.

Simulación: se simulará el entorno con herramientas software y se generará un diseño de red en base a la tecnología seleccionada, la infraestructura arquitectónica del colegio como entorno RF, la configuración lógica y disposición física de la red.

3.1.4 Implementación y configuración. Se llevará a cabo lo relacionado con el montaje de la infraestructura de red. En esta fase se configuran los equipos de red y radio frecuencia adquiridos, posteriormente se instalan, energizan y ponen en funcionamiento dando por terminado el proceso de implementación.

3.1.5 Operación y soporte. Una vez implementada la red se realizan pruebas de conectividad, disponibilidad, cobertura y seguridad de la red por parte del administrador y potenciales usuarios que en últimas emitirán un concepto de satisfacción del servicio, dando por terminado el proceso de implementación de la red *WLAN* institucional.

Puede referirse a otras metodologías, guías, casos de uso basadas o no en la utilización de software para Implementación de redes inalámbricas en los anexos.

3.2 SOFTWARE PARA DISEÑO DE REDES WLAN

La implementación de redes *WLAN* se ha venido incrementando al mismo tiempo en el que las tecnologías que las soportan han venido madurando y de igual forma a pasos vertiginosos sucede con las herramientas y metodologías empleadas para el desarrollo y despliegue de este tipo de redes *WLAN IEEE802.11x* pudiéndose

encontrar herramientas dispuestas en la web para uso libre que facilitan el proceso de implementación en sus etapas previas de análisis de viabilidad y diseño generando una visión más objetiva del entorno y los factores de incidencia en el estudio de propagación de ondas RF en determinado espacio.

Herramientas que miden la intensidad de campos electromagnéticos presentes en el espacio aéreo como entorno o medio de propagación además que muestran la existencia de demás redes inalámbricas presentes en el mismo espacio haciendo un escaneo facilitan la elección de canales para evitar interferencias co-canal, además de interferencias por solapamiento o traslape de canal adyacente, niveles de potencia, intensidad de señal recibida entre otros factores que sin duda son determinantes dentro de la elección de canal, potencia y ubicación estratégica de los dispositivos o estaciones AP como dispositivos clave frente a la cobertura o rango de infraestructura WLAN.

Para el desarrollo de WLAN existen además *Freeware* de gran utilidad para simular entornos de propagación ya sean edificaciones, campus o construcciones de todo tipo sobre el que se “monta” la infraestructura de red inalámbrica y se asumen las condiciones de equipos de red obteniendo resultados de cobertura, nivel de señal, relación señal ruido (S/N), relación señal interferencia, áreas de cobertura del AP, tasa PHY esperada entre otros factores relevantes de diseño.

En cuanto a lo relacionado con la lógica de funcionamiento de la red concerniente al segmento de red de acceso, distribución y núcleo existen de igual forma programas o software de libre uso y distribución así como software propietarios que recrean el entorno, los equipos y simulan la infraestructura física, lógica por ende el funcionamiento de la red generando una idea objetiva de esta cimentando cualquier diseño de red en simulaciones software e un ambiente cuasi real.

Encontramos dentro de las herramientas de utilidad para el análisis y diseño de redes algunos *freeware* o *software* de tipo libre que pueden descargarse desde la web y otros de tipo propietario para obtención desde el *website* oficial de cada fabricante como versión demo o de evaluación con tiempo de uso limitado además con la posibilidad de compra considerando la relación coste beneficio frente a las capacidades del software, que empleado dentro del desarrollo del proyecto para la simulación de redes y entornos RF en conjunto determinan las características de diseño de una red de área local inalámbrica.

Tabla 7. Herramientas software

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN	TIPO	PROPIETARIO	PAGINA WEB
InSSIDer	Escaneo de redes WLAN para evitar	Libre	MetaGeek	http://www.inssider.com/

	interferencias de tipo co-canal y/o co-existencia de redes			
ViStumbler	Escaneo de redes WLAN para evitar interferencias de tipo co-canal y/o co-existencia de redes	Libre	Vistumbler	https://www.vistumbler.net/
Tamo Graph Site survey	Simulación de entornos de despliegue y comportamiento de propagación RF	Libre	MetaGeek	http://www.tamos.com/products/wifi-site-survey/
EkaHau Heat Mapper	Mapeo de redes sobre planimetría de entornos para lectura de comportamientos de propagación RF	pag o	EkaHau	http://www.ekahau.com/wifidesign/ekahau-heatmapper
Packet Tracer*	Simulación de entornos de redes telemáticas, mostrando el funcionamiento lógico así como la infraestructura física.	pag o	Cisco	https://www.netacad.com/
GNS3	Simulación de entornos de redes telemáticas, mostrando el funcionamiento lógico así	Libre	Gns3	http://www.gns3.net/

	como la infraestructura física de red.			
Zen-Map	Permite obtener información del hardware en red identificando la cantidad de host, direcciones MAC e IP, puertas de enlace entre otros.	Libre	Nmap	http://nmap.org/
FloorPlanner	Permite generar planos en 2D y visualizaciones en 3D de edificaciones construidas a escala, caracterizando el entorno	Libre	Floorplaner	http://www.floorplanner.com/
Calculadora IP	Permite realizar cálculos para hallar direcciones de red, subred, número de host, número de redes y subredes, puerta de enlace, segmento de direcciones IP, clase entre otros.	pagado	Microsoft	Microsoft Windows 8.0

Adobe Illustrator	Permite generar diseñar imágenes	, pag o	Adobe Systems	http://www.adobe.com/la/products/illustrator.html
----------------------	---	---------------	------------------	---

* La herramienta Packet tracer 5.3.3 de CISCO SYSTEM se obtuvo por medio de la universidad Santo Tomas ya que es academia de Networking Cisco.

Por otra parte también se pueden realizar pruebas de campo que complementan las simulaciones de tipo software esta vez dentro de un ambiente real al ubicar de forma provisional y tentativa un AP o WR con el que se referencian niveles de intensidad en la recepción de señal mientras se recorren las instalaciones del colegio como pasillos, salones, jardines, canchas realizando una prueba de ping sostenido al AP o WR desde el dispositivo cliente determinando las distancias y los niveles RSSI (con algún escáner de redes Wi-Fi) entre las que se evitan retrasos y pérdida de paquetes entre emisor y receptor debido a atenuación por aristas, difracción, refracción, reflexión, interferencia por múltiples trayectos y la misma distancia entre AP y cliente entre otros factores de consideración dentro del concepto de pérdidas de propagación en espacio libre que determinan un nivel de umbral mínimo en la recepción de señales RF entre emisor y receptor del sistema de comunicaciones creado para aplicar al despliegue de redes WLAN.

Sin embargo el tipo de entorno sea de baja o alta complejidad determina la necesidad de uso de software o no para realizar cualquier diseño.

4. METODO

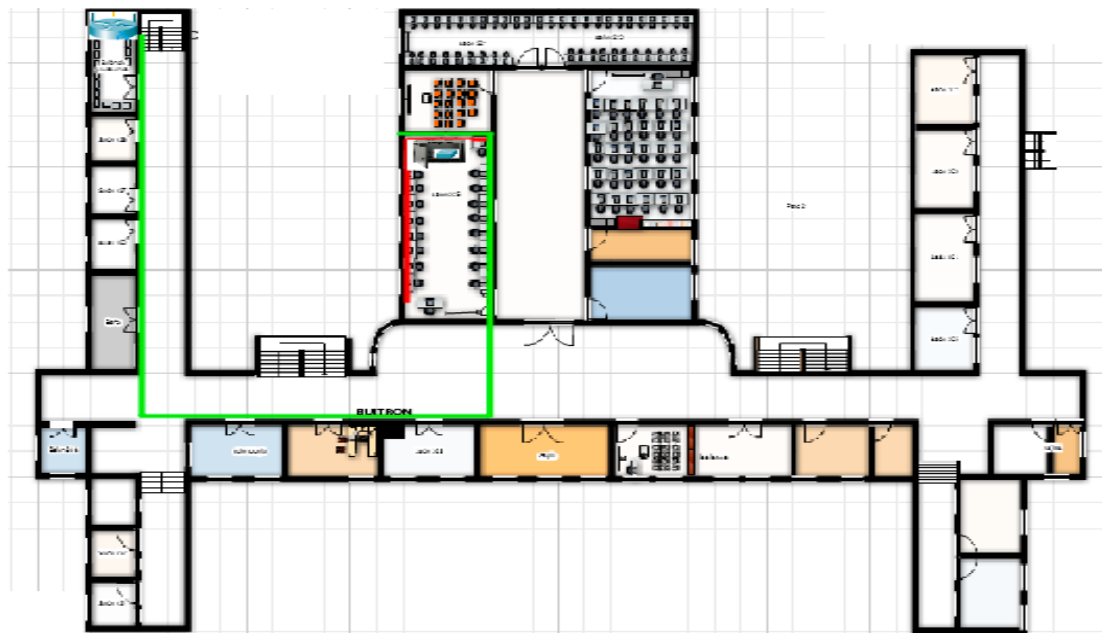
4.1 IMPLEMENTACION DE UNA RED INSTITUCIONAL BAJO EL ESTANDAR IEEE802.11 WLAN, CASO COLEGIO PUBLICO CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR, BUCARAMANGA.

Para la implementación, como se ha descrito anteriormente se empleó la metodología de RACKLEY, se decidió realizar un análisis previo como diagnóstico de red determinando el estado actual en cuanto a topología física y lógica además de los costos implicados en su operación y soporte para tener un referente de partida del caso de implementación WLAN que además genera una visión o perspectiva de la magnitud del trabajo pendiente por realizar de cara al desarrollo del proyecto y la obtención de buenos resultados.

4.1.1 Diagnóstico de red. Al realizar un análisis a la infraestructura de red actual del colegio puede observarse que esta no cuenta con cuarto de equipos centralizado para albergar el hardware de red sino que cuenta con 5 redes independientes con direccionamiento clase C y tecnología DSL a través de par trenzado telefónico, para ofrecer acceso a Internet a los estudiantes, única y exclusivamente en las salas o salones dedicados a informática y la sala docente, este último con Wi-Fi, ubicados en el segundo piso como ilustra la figura 22 en la cual se observa de color verde se la línea aérea que representa el par trenzado de cobre hasta el punto donde se ubica cada uno de los modem DSL, en sala docente el WR sobre el borde superior izquierdo y en la parte central la sala de informática 1 con gabinete de pared para equipos y de color rojo la canaleta de cableado de red para pc de mesa.

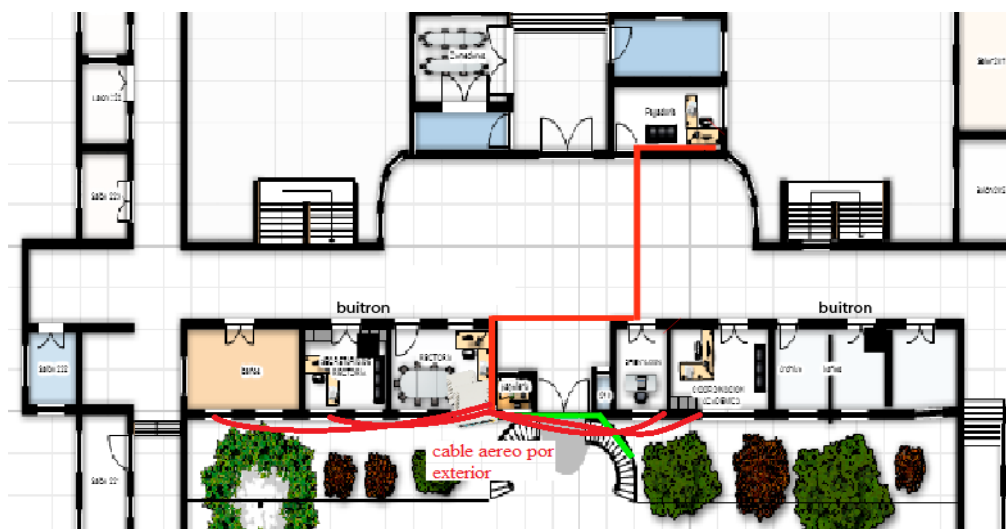
La parte administrativa lo hace a través del modem ADSL del primer piso ubicado en rectoría como ilustra la figura 23 donde la línea verde representa el par trenzado de cobre hasta el modem DSL ubicado en rectoría, desde un *switch* en red tender cable aéreo de red por el exterior del colegio hacia cada dependencia representada con una línea roja curva continua y una línea roja recta en el interior para canaleta.

Figura 22. Infraestructura física actual de LAN en 2D, piso 2 colegio CPSB



Autoría propia

Figura 23. Infraestructura física actual de LAN en 2D, piso 1 colegio CPSB



Autoría propia

Dimensionamiento de la red actual. Para dimensionar la red actual y determinar el número de equipos en red se hizo un conteo físico y se utilizó el software *ZenMap*, la herramienta *Nmap* de uso libre disponible desde internet en el sitio web <http://nmap.org/zenmap/> para escaneo de redes y determinación de una lógica y número de equipos en red así como puertas de enlace, (para ver los resultados de dicha prueba diríjase al ANEXO C), además se determinó con la herramienta web para detección de servidores proxy (advanced proxy detector) disponible desde internet en el sitio web <http://www.webtoolhub.com/tn561399-proxy-detector.aspx> que no se utiliza servidor proxy en las redes del colegio excepto la rectoría, se hicieron pruebas de velocidad a la conexión de internet con la herramienta web *speedtest speakeasy de Megapath* disponible desde Internet en el sitio web <https://www.speakeasy.net/speedtest/> prueba que consisten en seleccionar un servidor de destino y la herramienta automáticamente se encarga de determinar las velocidades de carga y descarga de datos establecidas por el PSI para la conexión (ver ANEXO C), la tabla 8 a continuación resume el estado actual de la red local del colegio.

Tabla 8 Dimensión actual de LAN del CPSB

SITUACION ACTUAL DE INFRAESTRUTURA DE RED DEL CPSB								
piso	modem	salon	PC escritorio	PC portatil	PCs total	bw canal Megas	tecnologia psi	conexión-estandar
1	rectoria	rectoria	2		2	4	adsl	cableada 802.3
1	rectoria	secretaria rec	1		1			cableada 802.3
1	rectoria	ingles	1		1			cableada 802.3
1	rectoria	contaduria	1		1			cableada 802.3
1	rectoria	sicoorientacio	1		1			cableada 802.3
1	rectoria	pagaduria	1		1			cableada 802.3
1	rectoria	coordinacion	1		1			cableada 802.3
2	sala de prof	sala de prof	2	12	14	1	sdsl	inalambrica 802.11
2	informatica1	informatica1	30	0	30	4	adsl	cableada 802.3
2		Tecnologia	0	30	30			no existe
2		Audiovisuales	0	1	1			no existe
2	informatica 2	informatica 2	30	0	30	4	adsl	cableada 802.3
					113			

Dos de las redes de 1M se mencionan porque el mismo ISP aclara acerca de la existencia de 5 líneas con servicio de internet en la institución aun cuando al hacer el diagnóstico se hallaron solo 4 modem DSL para acceso a internet y comentan los directivos de puntos de servicio en desuso desde tiempo atrás en el auditorio y la biblioteca haciendo una revisión sin haber encontrado allí los respectivos

modem. El modem ubicado en el segundo piso del edificio en la sala informática 2 como uno de los 3 canales de internet con ancho de banda de 4Mbps mencionados es propiedad gubernamental del programa computadores para educar ²⁴ofrecido por el MINTIC para 30 ordenadores de mesa y no puede ni debe verse intervenido dentro del presente proyecto según la administración del colegio y no se tuvo en cuenta dentro del análisis de costos realizado como muestra la tabla 9 ya que el servicio de Internet es gratuito.

Figura 24. Enrutador inalámbrico (WR)



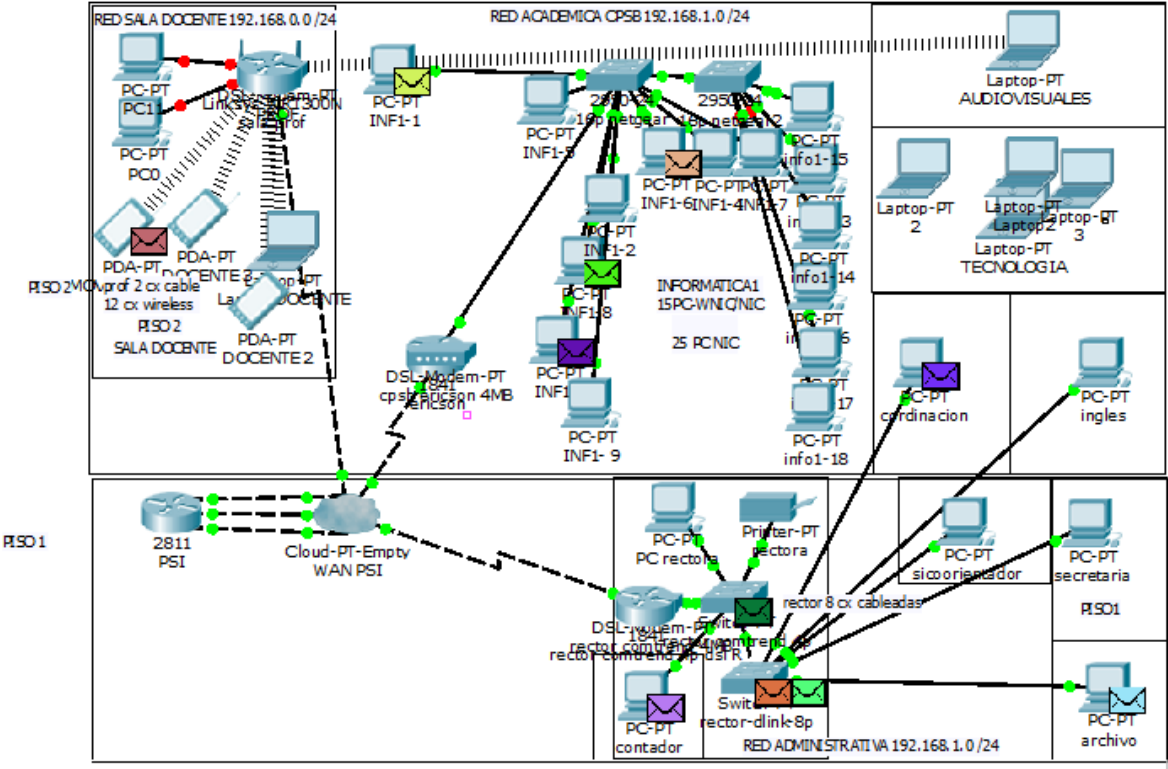
Fuente: Router Inalambrico

La figura 24 ilustra la situación actual del colegio en cuanto a la tecnología de acceso a internet e infraestructura de red se refiere siendo la forma más común, utilizando modem ADSL como dispositivo de acceso en residencias o pequeñas empresas ya que la carga esperada en el dispositivo es tan pequeña como para administrar la provisión 802.3 Ethernet y conectar a un ISP, inclusive como es el caso de la sala de docentes suministrar y administrar acceso inalámbrico para dispositivos móviles a través de un WR.

Se simuló la situación actual de red con la herramienta *packet tracer* en su interfaz lógica para mostrar la topología de red del colegio como punto de partida de cara al diseño e implementación de la WLAN, la figura 25 en la página a continuación muestra el resultado de simulación, mientras la figura 26 muestra los resultados de las pruebas de ping hechas entre los dispositivos de una misma red según la infraestructura de red simulada en base a la topología de la figura 25.

²⁴ <http://www.computadoresparaeducar.gov.co/>

Figura 25. Simulación Infraestructura lógica de red actual del CPSB



Autoría propia

Figura 26. Resultados, prueba de ping en simulación de infraestructura lógica

Fire	Last Status	Source	Destination	Type	Color
	Successful	MOVIL DECENTE	Laptop DOCENTE	ICMP	
	Successful	DOCENTE 2	DOCENTE 3	ICMP	
	Successful	secretaria	PC rectora	ICMP	
	Successful	ingles	rectora	ICMP	
	Successful	sicoorientador	ingles	ICMP	
	Successful	Laptop DOCENTE	MOVIL DECENTE	ICMP	
	Successful	INF1- 9	INF1-3	ICMP	
	Successful	INF1-5	INF1-1	ICMP	
	Successful	INF1-2	INF1-8	ICMP	
	Successful	INF1-7	INF1-6	ICMP	
	Successful	AUDIOVISUALES	sala prof	ICMP	
	Successful	PC rectora	contador	ICMP	
	Successful	secretaria	coordinacion	ICMP	
	Successful	sicoorientador	archivo	ICMP	

Autoría propia

Se evaluaron los costos referentes a dichos servicios teniendo en cuenta el ancho de banda, en cuanto a las líneas se propuso la cancelación del contrato del

servicio de internet con ancho de banda de 1Mbps de la sala docente y demás (extraviadas) conservando el servicio de voz de aquellas líneas que sin hacer uso del servicio de internet a través de DSL de 1M ofrecen el servicio de telefonía local; La tabla 9 a continuación resume los valores actuales cancelados por el servicio mensual y anualmente, al momento de realizar el presente proyecto.

Tabla 9. Relación de costos servicio actual de Internet

ANCHO DE BANDA CON PSI (valor mensual del servicio)			
SALA DE ROF			\$46.000
CPSB MODEM			\$52.400
RECTORIA MODEM			\$52.400
canal 1 1M			\$46.000
canal 2 (1M)			\$46.000
total mensual			\$242.800
total anual de BW actual			\$2.913.600

Autoría propia

4.2 APLICACIÓN DE RACKLEY PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE WLAN, CASO COLEGIO CPSB.

Considerando los cinco pasos claves de RACKLEY citados ...en la sección 6.1 ...para la implementación satisfactoria de redes inalámbricas de área local encontrada en la base de datos *e-brary* de la universidad Santo Tomas como material investigativo consultado por última vez en noviembre del 2013 se estructura el proyecto como tal, dentro de 5 pasos clave de desarrollo.

4.2.1 Paso 1. Evaluación de requerimientos y elección de la tecnología indicada. La primera parada en esta etapa es el departamento de tecnología o administradores de la red del colegio porque saben lo que soporta actualmente, sin embargo en nuestro caso se realizó el escaneo de redes con las herramientas anteriormente mencionadas, también debe consultarse con la rectoría y sector administrativo del colegio, ya que pueden tener planes sin divulgar que podrían tener repercusiones fundamentales en la red debiendo considerar la cantidad y tipo de nuevos dispositivos que vendrán en la red, debido a la tendencia traiga su propio dispositivo o *bring your own device (BYOD)* los estudiantes, docentes, administrativos y operativos ya están trayendo dispositivos personales a la oficina y colegio esperando tener acceso WLAN debiendo considerar la posibilidad del típico empleado y/o estudiante de "tres pantallas" que tiene un ordenador portátil,

teléfono inteligente personal, y tableta personal mientras el número de dispositivos sólo seguirá aumentando. Con base a la dimensión de la red inalámbrica a implementar se deben tener en cuenta la mayor cantidad de requerimientos de usuario dentro del análisis y diseño, para lo cual se puede acudir a diferentes fuentes de información siendo una de estas la encuesta a los futuros usuarios de la red, teniendo en cuenta que los requerimientos podrían ser expresados en términos de una solución particular o un atributo técnico siendo independientes de una tecnología específica. Los requerimientos de usuario se clasifican en categorías comunes al igual que los tipos de requerimientos frente a los atributos técnicos de implementación, son presentados a continuación en la tabla 10.

Tabla 10 Tipos de requerimientos de usuario WLAN

Tipo de requerimiento	Consideraciones
Modelo de uso	Se consideran clases de usuario según la cantidad de veces o frecuencia con que se accede y hace uso de los diferentes tipos de servicios de la red en:
	• Constante: Docentes, estudiantes, administrativos, operarios.
	• Esporádico: Acudientes, padres de familia, visitantes
Expectativas de calidad	Se espera cobertura sobre la zona arquitectónica, con disponibilidad y buenos tiempos de respuesta frente al acceso y tasas de transmisión de datos frente a los servicios.
Área de cobertura	El área de cobertura comprende principalmente los pasillos de la edificación, salones, salón de eventos, y una parte parcial de la zona de canchas (área contigua al edificio).
Movilidad	Movilidad constante de los usuarios mientras están en red interconectando AP por medio de un DS en la edificación y exteriores.
Interoperabilidad entre equipos	requerirá el usuario para conectarse a la red cualquier dispositivo móvil WiFi 802.11a/b/g/n.
Cantidad de usuarios	Se determinó según encuesta la cantidad de usuarios potenciales al momento de implementación, el índice de crecimiento de la red y el principio de escalabilidad en condiciones extremas habrán en un principio no más de 100 usuarios por jornada.
seguridad	Según el tipo de tráfico del usuario permanente o esporádico, se aplican técnicas que aseguren la integridad de los datos, así como políticas y protocolos de seguridad como WPA2 para control de acceso y validación de derechos de usuario.
Vida de la batería del equipo	La frecuencia de recarga de la batería de los dispositivos móviles del usuario es directamente proporcional al tipo de uso que se haga de estos y relativo en base a la referencia y fabricante, los estudiantes pueden recargar sus equipos en tomas AC del colegio.
Económico	El presupuesto estimado de la implementación WLAN satisface los requerimientos por lo alto y justifica el costo de la solución, considerando en este caso solo el presupuesto para efectos de implementación como adquisición de equipos e instalación.

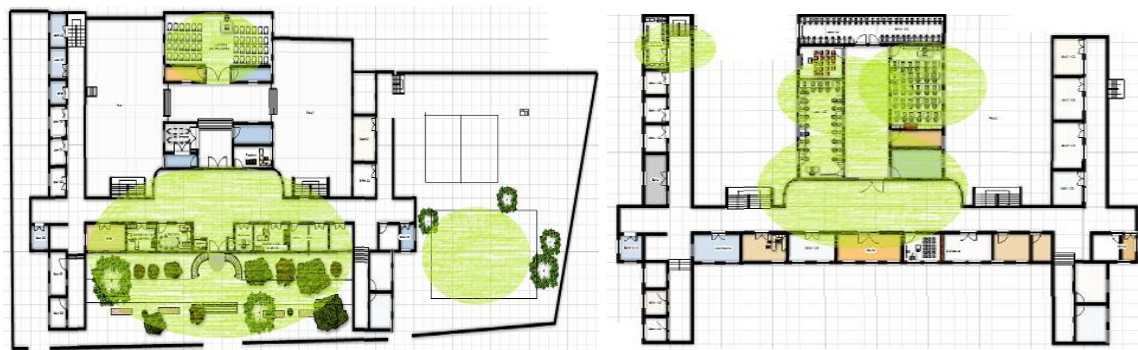
Tabla 11 Clasificación de Modelos de uso

Tipo de usuario	Servicios
Estudiante	Internet, transferencia de archivos, data ley, e-mail, chat.
Docentes	Internet, transferencia/descarga de archivos, e-mail, acceso al sistema académico data ley.
Administrativos	Internet, Transferencia de archivos, data ley, E-mail, descargas.
Operativos	Internet.
Visitas	Internet, e-mail, Chat.
Padre de familia	Internet, data ley, chat.
Acudientes	Internet, plataforma data ley, chat

La selección de **áreas de cobertura** debe definirse inicialmente ya que el área de servicios básicos o BSA de cada AP determina la cantidad de estaciones direccionales o STA por sus siglas del inglés *station adressable* necesarios para ofrecer disponibilidad total de red a lo largo del colegio, generando una estación de servicios extendida ESS a través de la edificación o parte arquitectónica del colegio, Por ahora se implementará la red como una infraestructura con sistema de distribución (DS por sus siglas del inglés *Distribution System*)) para conectar las zonas con cobertura Wi-Fi establecidas dentro de los requisitos, para posteriormente instalar los AP que harán de la red un ESS sobre toda la edificación que cuenta con aproximadamente 5000m² compuesto por 3 niveles comprendidos por un sótano, piso1, piso 2. La altura de cada piso es de 3m entonces la altura de la edificación es aproximadamente de 9m, para tener en cuenta al momento de elección de un buen patrón de radiación de las antenas.

En la figura 26 una vista superior en 2D de las instalaciones del colegio, el edificio y las zonas de relevancia en exteriores; Las canchas o zona múltiple comprenden un área aproximada de 300m² siendo relevante la parte más cercana a la zona arquitectónica o edificación del colegio ya que se trata de la zona alterna de reunión o formación estudiantil para eventos académicos, deportivos, culturales; se debe tener en cuenta que muchas áreas de esta zona deportiva no serán parte o propiedad del colegio al cabo de unos meses de terminado el proyecto de implementación WLAN razón por la cual se excluyen de la cobertura de la red institucional.

Figura 27. CPSB zonas Wi-Fi, piso 1 y piso 2



Es importante determinar la **cantidad de usuarios** potenciales de la red y seleccionar un **modelo de uso** para cada tipo de usuario considerando la cantidad de veces o frecuencia con que este accede y del tipo de servicios que hace uso a través de la red en:

- Permanente o Constante: Docentes, estudiantes, administrativos, operarios.
- Esporádico: Acudientes, padres de familia, visitantes

Una encuesta realizada a un grupo de 100 estudiantes escogidos al azar proporciona información acerca del número de posibles usuarios al momento de implementarse la red y la tendencia de crecimiento de esta para un periodo de 3 años; ver anexo A. Resultados encuesta de implementación WLAN institucional para el colegio CPSB realizada en noviembre del 2013.

Tabla 12. Resultados encuesta de Implementación WLAN CPSB



Según los resultados de la encuesta se realiza un análisis y se proyecta el número de usuarios al momento de implementación de la WLAN institucional, así como el índice de crecimiento asumiendo situaciones para el análisis y posterior diseño de la red inalámbrica institucional del CPSB, casos en los que

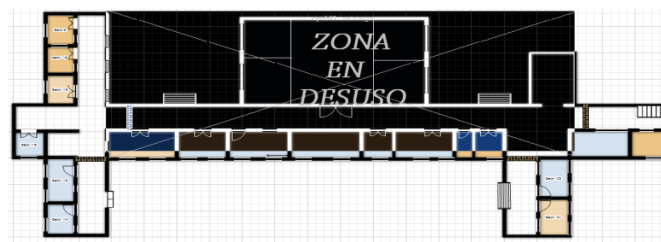
hipotéticamente habrá mayor cantidad de usuarios determinan la capacidad de usuarios de la red conduciendo a la elección correcta tratándose de los equipos de red y la tecnología para optimizar recursos del CPSB frente a la implementación de la WLAN y el principio de escalabilidad partiendo de la idea que en algún momento la gran mayoría sino la totalidad de los estudiantes y demás asistentes esporádicos al colegio posean y hagan uso de un dispositivo móvil *Wi-Fi* dentro de la institución o bien sea que algunos de los usuarios cuenten con más de un dispositivo móvil como Smartphone, tableta y/o portátil dentro de la institución proporcionando soluciones que favorezcan el principio de escalabilidad se implementó la red para dar cabida en un inicio alrededor de la cantidad de personas como usuarios potenciales con dispositivo móvil en el momento de la encuesta realizada teniendo en cuenta estos factores al planificar el entorno RF ya que al haber más dispositivos habrán múltiples rutas con más frecuencia y la densidad será mayor afectando el número de AP que deben ser desplegados implicando cambios a la red que pueden ser difíciles de predecir.

Al revisar el interior de la edificación por pisos o niveles encontramos zonas en desuso quedando fuera del alcance del proyecto, razón por la cual se desglosa y genera una vista individual en dos dimensiones de cada uno de los pisos de la edificación que muestra las zonas de relevancia de cobertura WLAN dentro de la edificación. En cada una de las gráficas generadas se verán las zonas en desuso del CPSB además de la potencial densidad de usuarios en las diferentes zonas consideradas por los futuros usuarios de la WLAN después de realizar la obtención de datos necesarios para la determinación de requerimientos de usuario, que en ultimas serán atributos técnicos de la red.

En la figuras 29 y 30 pueden verse con color rojo las zonas de alta densidad de usuarios WLAN, de color amarillo aquellas zonas con densidad media de usuarios y por ultimo zonas de color verde como de baja densidad de usuarios.

Sótano: Actualmente en uso parcial comprendiendo el área de los salones ubicados hacia los costados del hall en la entrada principal del colegio, como muestra la figura 28 en la siguiente página.

Figura 28. Sótano CPSB



Piso 1: secretaria general, rectoría, secretaria de rectoría, pagaduría, coordinación académica, archivo, 219,216, sala de atención a padres, cocina, salón de actos además comprende los salones 201,202, 203, 205, 205,210, 219 al 227, además de los patios 1,2.

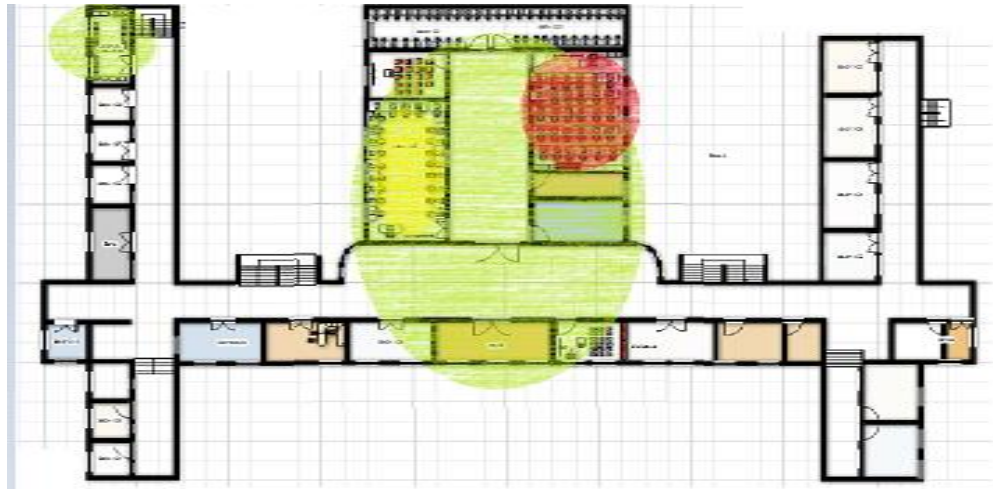
Figura 29. Densidad de usuarios WLAN piso 1, CPSB



Autoría propia

Piso 2: capilla, biblioteca, coordinación de disciplina, odontología, laboratorios, enfermería, sala de profesores, audiovisuales, salones 302 al 310, 328, 331, 332, 334, 336 al 338, 317, 324, 322, 319.

Figura 30. Densidad de usuarios WLAN, piso 2, CPSB



Autoria propia

Se consideran la cantidad de AP o WR según el área de cobertura y la cantidad de usuarios y modelos de uso para dar cobertura a la comunidad estudiantil del CPSB en determinadas zonas del colegio según la densidad de usuarios.

Estableciendo los requerimientos técnicos. Los requerimientos técnicos resultantes desde los requerimientos de usuario se traducen dentro del concepto de atributos técnicos de la red necesarios para satisfacer los usuarios. Algunos atributos técnicos como el rango de operación y los relativos a la interferencia y coexistencia de redes inalámbricas en el mismo sector o zona de cobertura de relevancia podrían aclararse al realizarse un estudio de sitio y la planificación inicial de la disposición física del hardware de red, a continuación la tabla 13 expone los requerimientos técnicos en función de atributos técnicos de la red.

Tabla 13 Atributos técnicos WLAN

Tipo de requerimiento	Consideraciones
Velocidad efectiva de datos	La velocidad de datos requerida para un solo usuario se dispondrá del modelo de uso siendo este el que determina sus servicios.
Capacidad de la red	Capacidad de red total necesaria para proveer los niveles requeridos de servicio dimensionando el crecimiento del número de usuarios y dispositivos de red será inicialmente de 10Mbps.
Calidad del servicio	La calidad del servicio depende de la prioridad frente al servicio para asegurar las expectativas de calidad
Soporte de aplicaciones	Estos son atributos técnicos específicos requeridos para soportar modelos de uso particular como la plataforma CPSB para notas por ejemplo servidores proxy
Topología de red	Tipo de conexiones requeridas para satisfacer los usuarios generando una WLAN con DS zonas que permiten <i>roaming</i> entre celdas.
seguridad	Determinar la confidencialidad del usuario ,codificación de los datos, monitoreo del acceso a la red y otras medidas de seguridad necesarias
Interferencia y coexistencia	La existencia de otras redes inalámbricas dentro del rango de operación necesita considerarse para efectos de diseño y comportamiento RF e interferencia
Madurez de la tecnología	Teniendo en cuenta la rapidez con que la tecnología madura y queda obsoleta al surgir una nueva se consideran los requerimientos dentro de la capacidad de operación y características de cada tecnología o el uso de una solución de punta como 80211n.
Rango de operación	El rango requerido se determina por la extensión de área de operación tan bien como la distribución de componentes como los puntos de acceso para genera una ESA a lo largo del CPSB
Escalabilidad de la red	Necesitando más de un punto de acceso debe planearse el crecimiento de la red realizando una configuración inicial de la red y sobre la marcha satisfacer los demás requerimientos de red.

Autoría propia

Un factor importante es sin duda **la capacidad de la red**, es determinada a partir del ancho de banda requerido para un número máximo de usuarios que de manera simultánea se espera conecten a la red, con algún nivel de tolerancia ya que estos eventos de maximización ocurren con poca frecuencia y cierto nivel de degradación podría ser aceptable durante periodos cortos de uso. Se consideró, para efectos de diseño en la tabla consignar el total de usuarios al momento de implementación de la red al asistir las dos jornadas simultáneamente de forma hipotética asumiendo en la tabla 14 los valores arrojados por la encuesta realizada en el colegio que cada uno de los asistentes cuentan con un dispositivo *Wi-Fi*.

Tabla 14. Usuarios iniciales de la WLAN, Resultados encuesta CPSB

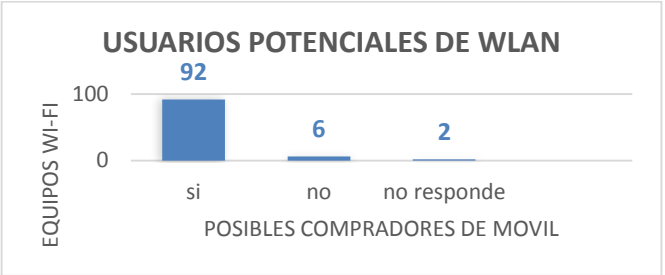
centro piloto Simón bolívar			
Potenciales usuarios de la WLAN			
usuarios	jornada		comunidad CPSB
caso de uso	Mañana	tarde	ambas jornadas
permanentes	70	50	85
esporádicos	15	15	65
total	85	65	150
si asisten dos acudientes por estudiante probablemente aumente el número de Usuarios por jornada o bien si alguno de los usuarios cuenta con más de un dispositivo móvil.			

Autoría propia

Para hacer una idea del crecimiento de la red a corto y mediano plazo se muestran en la tabla 15 y tabla 16 los resultados de la encuesta frente al índice de crecimiento de la red.

A la pregunta realizada dentro de la encuesta a 100 estudiantes del colegio ¿compraría dispositivo móvil?, los encuestados respondieron.

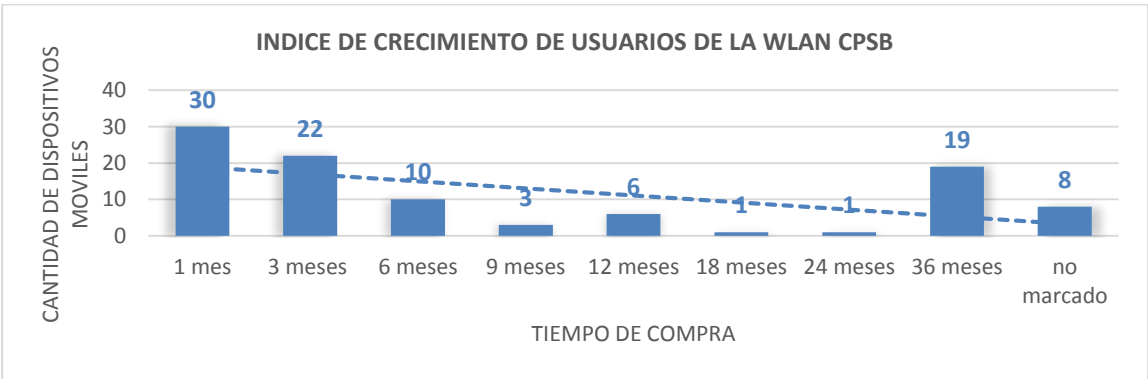
Tabla 15. Potenciales usuarios, resultados encuesta CPSB



Autoría propia

Frente a la pregunta en cuanto tiempo compraría dispositivo móvil al implementarse la WLAN institucional.

Tabla 16. Índice de crecimiento WLAN, resultados de encuesta CPSB



Autoría propia

Se considera la adquisición de un nuevo canal de acceso a internet con un ancho de banda mínimo de 10Mbps iniciales y la posibilidad de ampliación siguiendo el concepto de escalabilidad en base al crecimiento potencial de la red.

Delimitar el **Rango de operación**, una topología de red ESS a lo largo de la edificación requerirá múltiples AP hasta el límite impuesto por el número de canales validos sin-traslape, el total de capacidad de red que alcanzan las WLAN802.11 que se define en la tabla 18 Comparación entre Estándares IEEE802.11 a/b/g/n, el rango de operación de un enlace de la WLAN está influenciado por varios factores desde la modulación y el esquema de codificación que estén siendo usados hasta la naturaleza de los materiales usados en la construcción de las edificaciones en las cuales opera la red.

Habiendo establecidos los atributos técnicos necesarios para satisfacer los requerimientos de usuario, las tecnologías inalámbricas disponibles pueden ser directamente evaluadas según las necesidades específicas y características técnicas para de esta forma **elegir la tecnología indicada**.

Tabla 17 Tecnologías inalámbricas

WWAN	WLAN	WPAN	Cordless	FWA/BWA
GSM -HCSD, GPRS, EDGE- (WAP) IS-95 IS-54/IS-136	IEEE 802.11	IEEE 802.15	PHS	IEEE 802.16, IEEE 802.20 (MBWA)
PDC (I-mode) 3G	HIPERLAN/2 MMAC Ethernet WG & ATM WG (HiSWAN) MBS MMAC Wireless Homelink HomeRF 1.0 & 2.0	Bluetooth HIPERPAN	DECT CT2/CT2+	HIPERACCESS High speed Wireless access BWIF LMDS MMDS

Tomado de Rackley, Steve. Wireless Networking Technology: From Principles to Successful Implementation.: Newnes, p 192. Disponible desde internet en <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=192>

Teniendo en cuenta las tecnologías competentes frente al tema de comunicaciones inalámbricas son varias las alternativas pero solo una como WLAN IEEE802.11 tiene la cobertura y las capacidades de operación además de gran aceptación por parte de los usuarios y madurez dentro de la pila de tecnologías por lo tanto abarca los propósitos generales del proyecto facilitando el objetivo de implementar una red inalámbrica de área local o WLAN institucional para colegio público.

Se considera una tecnología inalámbrica “*dual band*” la variación WLAN IEEE802.11n con gran aceptación ya que el tema de las frecuencias o banda de operación se ha visto resuelto con este hardware desarrollado para operar en cualquiera de las bandas de 2.4 o 5 GHz haciendo su elección dentro de la

frecuencia de operación de forma irrelevante, transparente al usuario incrementando los volúmenes de radios doble banda, soportando 802.11a/b/g/n.

Tabla 18 Comparación entre Estándares IEEE802.11a/b/g/n.

<i>Requirement type</i>	<i>802.11b</i>	<i>802.11g</i>	<i>802.11a</i>	<i>802.11n</i>
PHY layer data rate	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	200+ Mbps
Effective data rate at MAC SAP	6 Mbps	22 Mbps (8–13 Mbps with 11b stations)	25 Mbps	100 Mbps
Network capacity	3 non-overlapping channels	3 non-overlapping channels	12–24 non-overlapping channels	6–12 non-overlapping dual channels
Quality of service	Not supported	Not supported	Not supported	Supported
Interference and coexistence	2.4 GHz band	2.4 GHz band Interoperable with 802.11b network	5 GHz band	2.4 or 5 GHz band
Technology maturity	Mature	Mature	Mature	Immature
Operating range	Good indoor range including wall penetration	Good indoor range including wall penetration	Line of sight operation. Poor penetration	As for 11b or 11a depending on frequency band
Scalability	Small number of users per AP	Small number of users per AP	Enterprise scale; many users per AP	Enterprise scale; many users per AP

Tomado de Steve Rackley .implementing wireless LAN cap7 En: Wireless networking technology from Principles to successful implementation. Formato pdf disponible desde internet en <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=192>

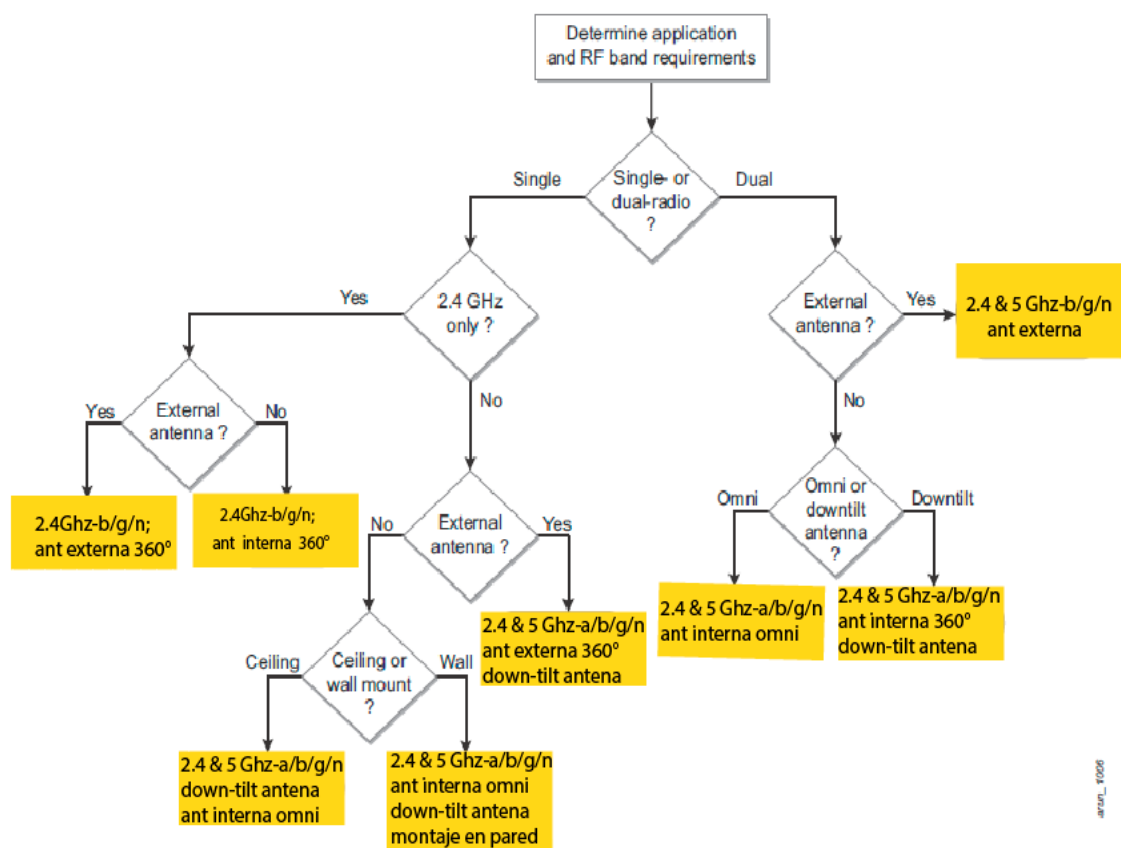
Cabe resaltar que no se considera 802.11ac por que en el momento es una tecnología muy reciente, mientras 802.11n es relativamente inmadura y se ha implantado en el mercado tanto de los fabricantes de equipos de infraestructura de red y de dispositivos móviles clientes.

En esta etapa además se considera la elección de equipos con base a los requerimientos técnicos y la elección de la tecnología indicada.

Para obtener un rendimiento óptimo de la red inalámbrica debe entenderse el propósito detrás del AP o WR y de esta forma dirigir la selección de antenas adecuadas, dando paso a la **Cotización y adquisición de equipos**.

Existen hoy día variedad de fabricantes de dispositivos *Wi-Fi* certificados, con el lanzamiento del estándar 802.11n hacia el año 2012 se inicia el uso de dispositivos doble banda para ofrecer conexión a través de redes 802.11a/b/g/n dentro de diferentes frecuencias y velocidades según se requiera optimizando los recursos de red y mejorando el entorno RF al hacer uso de ambas frecuencias en función de las utilidades o aplicaciones sin mencionar la reciente aparición del 802.11ac que sin duda dará muestra de la aceptación de la banda de 5Ghz.

Figura 31. Proceso de Selección de AP



Autoría propia

En la tabla 19 de la página a continuación se ven además de dispositivos *wireless* dispositivos de red pertenecientes al DS y núcleo de la red teniendo en cuenta la cantidad de BSS necesarias para cubrir zonas extensas en lugares en los que un solo AP no cubre la totalidad del área y se requiere ampliar la cobertura WLAN con más de un AP, deben conectarse N puntos de acceso como puertos

disponibles hayan para cableado de lo que será el sistema de distribución (DS por sus siglas del inglés *Distribution System*) de la Wireless LAN hasta cubrir completamente las zonas de interés.

Tabla 19 Equipos de implementación

EQUIPO	IMAGEN	CARACTERISTICAS
UAP-LR indoor 802.11n Unifi		Para entornos cerrados, bajo techo, edificaciones. Diferentes rango de cobertura hasta 180m en teoría y velocidades hasta 300Mbps, PoE, instalacion en pared o techo.
UAP OUTDOR 802.11n unifi		Para entornos exteriores a campo abierto, resistente a condiciones climaticas severas, lluvia, rango de accion de 180m en teoría y velocidades de 300mpbs,PoE instalacion en pared, mastil, con antenas exteriores que pueden ser remplazadas por unas de mayor ganacia y potencia de tx o instalacion de antena semidireccional o sectorial que puede ser de 90°,120° de apertura de haz del lobulo principal para generar zonas de cobertura evitando interferencias.
RouterBoard RB750L Mikrotik		RB750GL (SOHO) router OS level 4 5 puertos Gigabit Ethernet independientes funcion de chip de conmutación opcional para un rendimiento Gigabit a velocidad de cable.
Switch Cisco Srw2016-k9-na		Switch Cisco Srw2016-k9-na 16 Ports 10/100/1000 Capa 2, PoE.
Cloud Router Switch Mikrotik		CRS125-24G-1S-2HnD-IN Smart Switch series Gateway router, switch, 11n AP all in one box Eth, Fiber, 4G(optional USB modem) gateway to Internet RouterOS gateway/firewall/VPN with passive cooling 1xSFP port and 24xRJ45 port 1000mW high power 2.4GHz 11n wireless AP
UTP-CAT5e Patchcord		Unshielded twisted pair o par trenzado no blindado Normalizado segun TIA/EIA-568-B e ISO/IEC 11801. , Tx 1/10/100 Mbps
Adaptador Power over Ethernet Unifi		Adaptador para incorporar energia electrica en cableado de red para alimentacion de equipos de red con puertos PoE.

Con el propósito de adelantar el proceso de adquisición de equipos se cotizan para entrega a las administrativas del colegio y concreción de la compra.

Tabla 20.Cotizacion de equipos

CANTIDAD	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	ACCES POINT AP LR UBIQUITI	\$ 300.000	\$ 300.000
1	RADIO AP OUTDOOR + PRO UBIQUITI	\$ 550.000.	\$ 550.000.
1	COMBO AP LR UBIQUITI	\$ 800.000	\$ 800.000.
1	SWITCH DE 8 PUERTOS 10/100/1000GIGABIT NETGEAR	\$ 150.000.	\$ 150.000.
1	ROUTER MIKROTIK RV951G -2HND WIRLEESS	\$ 270.000	\$ 270.000.
1	CAJA DE CABLE UTP CAT 5 SAT FLEXIBLE	\$ 180.000.	\$ 180.000.
1	CAJA DE CABLE UTP CAT 6 SAT FLEXIBLE	\$ 250.000.	\$ 250.000.
1	ACCES POINT TP-LINK 1 ANTENA	\$ 80.000.	\$ 80.000.

entre_redes_@hotmail.com

Bucaramanga - Colombia

Escáner

Dispositivos de red necesarios para adecuaciones menores sobre equipos terminales de usuarios de red que lo requieran, en concreto adaptadores de red inalámbrica para computadoras de mesa.

Figura 32. Adaptadores de red inalámbrica.

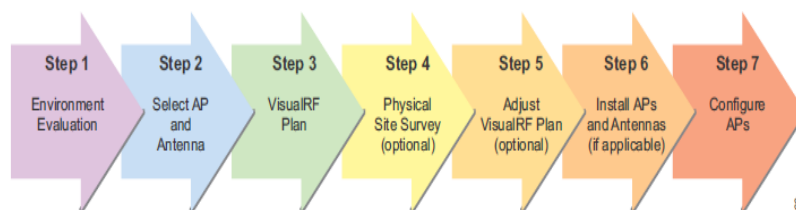


Fuente: ccna3_identi.es.pdf.

4.2.2 Paso 2: Planeación y diseño. Partiendo de la evaluación de requerimientos...en la sección 6.3.2.1... se considera la ubicación tanto del gabinete de equipos como AP, conmutador de distribución, enrutador de núcleo y recorridos del cableado del sistema de distribución DS a través de las instalaciones del colegio.

Antes de iniciar el desarrollo de cualquier WLAN algunos atributos técnicos anteriormente mencionados como el rango de operación y los relativos a la interferencia y coexistencia de redes inalámbricas en el mismo sector o zona de cobertura deben aclararse después de realizar un estudio de sitio y de esta forma dar inicio a la planeación de la WLAN al proponer la ubicación o disposición física estratégica del hardware de red que en este momento se centra en los AP, la figura 33 a continuación describe los pasos implícitos en esta etapa de planeación según Aruba Networks.²⁵

Figura 33. Proceso de planeación de AP



Tomado de Aruba networks. Site Planning Basics. En: Indoor 802.11n Site Survey and Planning. Formato pdf. p7. Disponibles desde internet en: http://www.arubanetworks.com/wp-content/uploads/Indoor80211n_2012-05-31.pdf

A continuación se describen las características que identifican cada uno de los diferentes entornos para aplicar al proceso de diseño de la red institucional del CPSB pudiendo tener los parámetros que evalúan cada uno de las edificaciones, dependencias, zonas o áreas específicas de interés frente al despliegue WLAN en el colegio.

Evaluación del entorno. El tipo de entorno juega un rol importante en la planeación y desarrollo de WLAN ya que las condiciones del sitio conducen la elección de una metodología de planeación.

Entornos de baja complejidad.

- Ambientes típicos como plantas o pisos planos con cubículos y un número limitado de oficinas y salas de conferencias.
- implementaciones estándar que consisten principalmente en los AP con antenas integradas, omnidireccionales desplegados a nivel de techo.

²⁵ Aruba networks. En: Indoor 802.11n Site Survey and Planning Version 1.0. Disponible desde internet en http://www.arubanetworks.com/wp-content/uploads/Indoor80211n_2012-05-31.pdf

- Si es necesario, un estudio del sitio activo puede llevarse a cabo para medir la propagación de RF en áreas específicas o de otras circunstancias que justifican la ubicación o traslado de un AP.

Entornos de Alta Complejidad (Caso CPSB)

- Cualquier instalación que va a requerir cobertura externa y antenas direccionales es automáticamente una implementación compleja.
- despliegues de alta densidad, tales como salas de conferencias y auditorios, requieren una atención especial.

Estos entornos complejos requieren un estudio *in situ* para completar la planificación, se recomienda en estas situaciones sólo para estimar el recuento de AP y la colocación para ahorrar tiempo durante la etapa de pruebas por lo tanto, es una buena práctica realizar pruebas de campo del tipo "activo" para medir cómo las señales viajan y se comportan a lo largo de nuestra zona de interés.

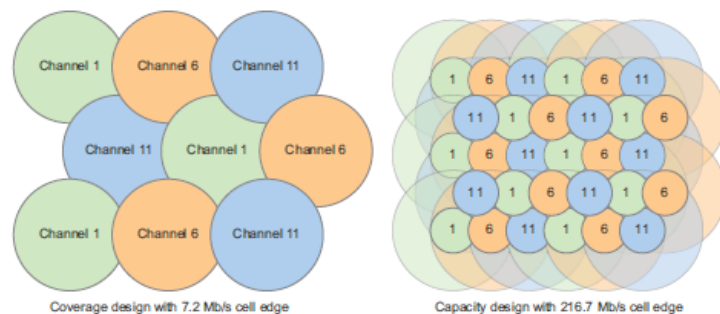
Estudio de Viabilidad. Años atrás la mayoría de las redes inalámbricas se desplegaron mediante un diseño de "modelo de cobertura" en el que el diseño utiliza el menor número de AP posible y trata de obtener el mayor rango de cobertura de cada uno de estos y como resultado, la velocidad de datos media entregada a nivel del suelo por la red inalámbrica podría ser muy baja debido a esas tasas son capaces de viajar más lejos debido a algunas propiedades básicas de comunicación por radio. A baja velocidad de datos en 2.4 GHz 802.11n es de 7,2 Mb / s en los bordes de celda. Este modelo ha funcionado bien en el pasado porque los dispositivos cliente requieren relativamente poco ancho de banda para aplicaciones de datos simples pero en la actualidad los dispositivos móviles son teléfonos inteligentes, tabletas con cantidad de utilidades que requieren un mayor ancho de banda.

Determinación del modelo de despliegue. Es fundamental elegir el modelo de despliegue correcto basado en las necesidades del colegio, hay tres modelos de implementación comunes en interiores que se basan en la capacidad, la cobertura y uno para entornos específicos de alta densidad.

- **Modelo de capacidad.** Para despliegues densos con altos recuentos de dispositivos y tasas de tráfico es decir **alto ancho de banda**, consiste en AP colocados aprox. Entre 13,75 y 18,25 metros aparte que funcionan a 25-50% o 50-75% de la energía. En general, la potencia de transmisión del AP debe establecerse para que coincida con el dispositivo menos capaz en la red. Si el requisito es que se puedan ejecutar varias aplicaciones al mismo tiempo, el sitio requiere un despliegue basado en la capacidad. Aruba Networks recomienda la implementación basada en la capacidad de todos los ajustes de la oficina y de la educación.

- **Modelo de Cobertura.** Para implementaciones de bajo ancho de banda, se requiere la cobertura donde el acceso para invitados es limitado. Una implementación basada en la cobertura podría consistir en AP colocados aproximadamente entre 30,5 hasta 61 metros de distancia en un espacio abierto, funcionando al 50 - 75% de la potencia. Si no se requiere redundancia, los puntos de acceso pueden funcionar a una potencia del 100%, pero esto no se recomienda normalmente.

Figura 34. Cobertura Vs Capacidad



Tomado de Aruba Networks. Access Point and Antenna Selection. En: Indoor 802.11n Site Survey and Planning formato pdf. p12 .Disponible desde internet en http://www.arubanetworks.com/wp-content/uploads/Indoor80211n_2012-05-31

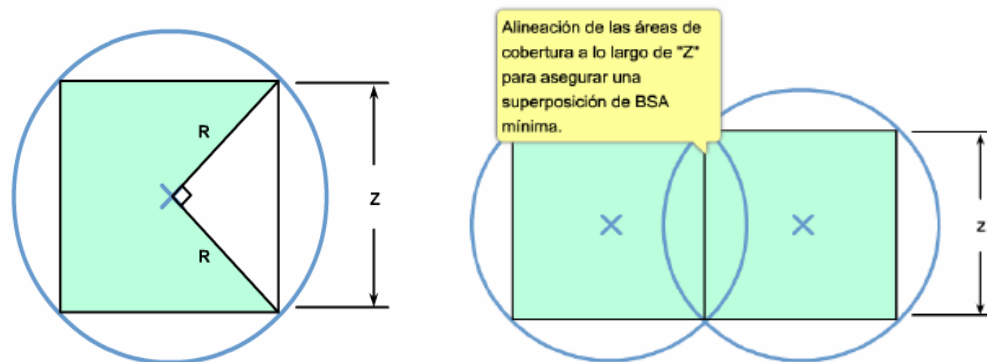
- **Entornos de alta densidad.** En un entorno de alta densidad, como una sala de conferencias o auditorio, patio de eventos las cantidades de los usuarios en el espacio aumentan dramáticamente y las dimensiones del lugar otorgan una idea del espacio y de la pérdida de recorrido libre de la señal del AP, teniendo en cuenta que las densidades de usuario no se distribuyen de manera uniforme sobre la totalidad del espacio como forma de pasillo en estos escenarios se presenta un porcentaje del espacio que es relativamente vacío. La dinámica de RF del AP es muy diferentes a las experimentadas a nivel de usuario cuando los AP están expuestos con una excelente vista del cuarto, salón o patio donde se ubica y los dispositivos de los usuarios serán cubiertos temporalmente por los objetos o personas que los rodean, atenuando la señal. Las fuentes individuales más grandes de la interferencia en entornos cerrados son los dispositivos de los mismos usuarios, cuando cada usuario en un salón está a una distancia de aproximadamente dos metros se produce lo que se define como entorno de alta densidad, con menos de 1m^2 por dispositivo desplegado, suponiendo uno o más dispositivos por usuario. Lo que en última instancia afectará los dispositivos cliente más que cualquier otro factor es la degradación de la relación señal-ruido (SNR) a través tanto de co-canal y la interferencia de canal adyacente impulsado

por dispositivos Co-localizados, pudiendo reducir al mínimo el impacto mediante la máxima reutilización adecuada del espacio, a sabiendas que no puede ser eliminado por completo en entornos de alta densidad ya que los márgenes operativos se vuelven más críticos, pudiendo tener un gran impacto dentro de una celda y el comportamiento del dispositivo cliente en estas condiciones puede variar.

El Centro Piloto Simón Bolívar al ser una edificación antigua además de las necesidades frente a la capacidad, las instalaciones del colegio y el tener espacios de cobertura abiertos y cerrados requiriendo de antenas direccionales sin olvidar aquellas zonas de alta densidad se puede deducir que es un entorno de alta complejidad y por lo tanto el modelo a seguir es de capacidad para tener en cuenta la ubicación estratégica de los AP dispuestos en el diseño.

Para determinar la cantidad de AP que en ultimas establecen el ESA de la WLAN según *CCNA Exploration 4, Switching and routing capítulo 7 Wireless LAN* se toma un mapa a escala de la edificación y se trazan zonas parciales o áreas cuadradas de cobertura que serán en nuestra futura red cada BSS que dispuestos en esta forma generan un ESS con capacidad de *roaming* entre BSSID de la ESA conformada por la totalidad de AP en escena, cabe resaltar que se debe tener en cuenta el área estimada parcial y las características de los equipos seleccionados para la implementación y el entorno de propagación RF y atenuación o perdidas de propagación.

Figura 35. Planeación y alineamiento de BSS para crear ESS



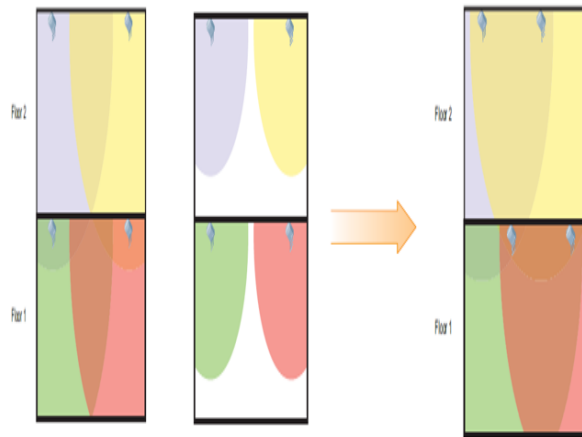
Tomado de CCNA 4.Exploration: Switching and routing Capitulo 7 Wireless LAN. P.622 documento formato pdf disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identi.es.

Para implementaciones en **edificaciones o construcciones de más de un piso** según Aruba Networks²⁶ se debe considerar una ubicación de manera que estos

²⁶ <http://www.arubanetworks.com/>

no queden alineados uno sobre otro en su respectivo piso sino que el eje vertical si trazáramos una línea imaginaria de piso a piso no sea la misma de manera que se cubra un área mayor por cada uno de estos y no la misma asegurándose de no separar estos tanto como para dejar zonas descubiertas, en la figura 36 a continuación se recrea la situación para un mejor entendimiento.

Figura 36. Planeación y alineamiento de BSS en edificaciones



Tomado de Aruba networks. Site Planning Basics. En: Indoor 802.11n Site Survey and Planning. Formato pdf. p17

Disponibles desde internet en: http://www.arubanetworks.com/wp-content/uploads/Indoor80211n_2012-05-31.pdf

Escaneo del entorno. InSSIDer cuyo propietario es MetaGeek y puede descargarse libremente desde el sitio web <http://www.inssider.com/> y **ViStumbler** <https://www.vistumbler.net/> fueron las herramientas utilizadas en esta actividad, mostraron la intensidad así como presencia de campos electromagnéticos o señales de RF en el espacio aéreo como medio de propagación dejando ver la existencia de demás redes inalámbricas en el mismo espacio. Haciendo un escaneo que facilita la elección de canal en AP para evitar interferencias Co-canal o de canal adyacente, niveles de potencia, intensidad de señal recibida a lo largo de las instalaciones del colegio teniendo en cuenta el número y los sitios de ubicación tentativa de AP para emplear en el diseño en software de RF para seleccionar la mejor opción ya que sin duda son determinantes dentro de la elección de canal, potencia y ubicación del AP como elemento clave frente a la cobertura o rango de WLAN.

Se decidió ilustrar únicamente los resultados de *inSSIDer* ya que coinciden en su mayoría con las tomadas con *ViStumbler* (ver ANEXO D) al deducir que este último software muestra tantas redes descubra en el entorno como pueda sin importar el nivel de indicador de fuerza de señal recibida RSSI (por las siglas del

inglés *Received Signal Strength Indicator*) o indicador de cobertura que dentro de nuestro interés determina la distancia entre las que se encuentran niveles aceptable para establecer comunicación entre AP y clientes, mientras *InSSIDer* facilita el análisis al resumir la lista de redes en el espacio común para implementación de la Wireless LAN institucional. Según los resultados del estudio se elige el canal disponible con menos coexistencia y posibilidades de interferencia Co-canal y de canal adyacente es decir con menos presencia de redes en mismo canal o canal inmediatamente inferior o superior para cada uno de los sitios de ubicación de los AP como primera medida dentro del diseño de infraestructura.

Ya que el software muestra la intensidad de señal recibida RSSI de cada red existente en el entorno, (ver ANEXO D) para cada ubicación de AP se puede determinar que aquellas señales RF que arrojan un valor RSSI por encima de los -70 dbm no causaran problema alguno debido a su lejanía con respecto al punto de referencia (ubicación del AP) y se tendrán en cuenta aquellas RSSI inferiores a los -60 dBm ya que pueden ocasionar problemas de interferencia.

Tabla 21 Resultado, escáner de entorno con *inSSIDer*

RESULTADOS DEL SCANNER PARA BUSQUEDA DE INTERFERENCIA COCANAL Y COEXISTENCIA WLAN EN INSTALACIONES DEL CPSB												
sala de profesores		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b	1										
	g	2					2		1	3	2	4
	n	3		1		1	5			1		3
	TOTAL	6	0	1		1	7		1	4	2	7
ubicación AP pasillo capilla		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b											
	g	1					1			1		1
	n											1
	TOTAL	1					1			1		2
ubicación AP informatica1		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b											
	g	3				1				1	2	3
	n									1		
	TOTAL	3				1	0			2	2	3
ubicación AP pasillo rectoria		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b											
	g	2					1			1		
	n											1
	TOTAL	3					1			1		1
ubicación AP Tecnologia		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b											
	g	1				1				1	1	3
	n	2					1					
	TOTAL	3				1	1			1	1	3
ubicación AP SALON DE ACTOS		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b	1					1					
	g	3								1		2
	n	2								1		1
	ac	6					1			2		3
ubicación AP BYODteca(propuesta)		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b											
	g						2					1
	n											1
	TOTAL						2					

Continua

Continuación tabla 21. Resultado escáner de entorno con *inSSIDer*

RESULTADOS DEL SCANNER PARA BUSQUEDA DE INTERFERENCIA COCANAL Y COEXISTENCIA WLAN EN INSTALACIONES DEL CPSB												
ubicación AP patio 1		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b	1										
	g	1				1	2	1		2	2	4
	n		1	1		1	4			2		2
	TOTAL	2	1	1		2	6	1		4	2	6
ubicación AP patio 2		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b										1	
	g					1				1		2
	n	1										1
	TOTAL	1				1				1	1	3
ubicación AP patio 3		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b										1	
	g	1				1	3	1	1		1	10
	n	3						1				1
	TOTAL	4				1	3	2	1		2	11
ubicación AP FACHADA		CANAL										
	S/CH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	a											
	b	1										
	g						2			1	1	2
	n	2		1			1			1		1
	TOTAL	4		1			3			2	1	3

Tabla 22 Selección de canal RF para AP en el colegio CPSB

ubicación de AP	canal	indoor-outdoor
sala de profesores	1	indoor
patio 1 pasillo salones	6	outdoor
capilla	1	indoor
informatica 1	11	indoor
patio 2 salones	11	outdoor
tecnologia	1	indoor
tecnologia2	6	indoor
mirador canchas	6	outdoor
pasillo entrada	6	indoor
jardin fachada	11	outdoor
BYODteca	6	indoor
Auditorio	6	indoor

Relación de costos De implementación. La tabla 20 cotización de equipos relaciona los precios de los equipos de infraestructura de red teniendo en cuenta como principal característica el carácter público del colegio y la necesidad de implementación de la red con recursos limitados utilizando productos de bajo coste y alto rendimiento elevando la relación coste beneficio justificando la cantidad o monto de despliegue de la red, la tabla 23 estima costos referentes servicios requeridos, contratación de personal, mano de obra, herramientas entre otros costos directos relacionados con el desarrollo del proyecto dentro de la fase de implementación.

Tabla 23. Presupuesto estimado servicios requeridos para implementación

PRESUPUESTO ESTIMADO DE COSTOS DE IMPLEMENTACION WLAN INSTITUCIONAL CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR				
SERVICIOS	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL	OBSERVACION
OBRA CIVIL E INSTALACION DE CANALETA Y EQUIPOS	\$160.000,00	30	\$4.800.000,00	2HOMBRE/DIA+ 1kit herramienta
ASESORIAS, CONFIGURACION DE EQUIPOS	\$100.000,00	5	\$500.000,00	1HOMBRE /DIA
CABLEADO, PONCHADO,MARQUILLADO Y CERTIFICADO DE UTP	\$30.000,00	16	\$480.000,00	POR PUNTO DE RED
	SUBTOTAL SERVICIOS		\$5.780.000,00	

En la página a continuación la tabla 24 Presupuesto estimado materiales y otros requeridos para implementación muestra los costos referentes a materiales y equipos necesarios para la implementación del proyecto Wireless LAN del colegio Centro Piloto Simón Bolívar.

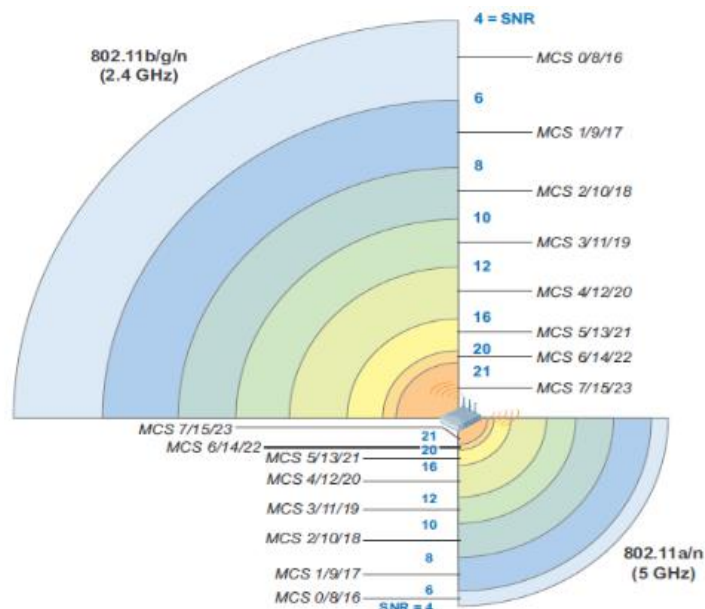
Tabla 24.Presupuesto estimado materiales requeridos para implementación

PRESUPUESTO ESTIMADO DE COSTOS DE IMPLEMENTACION WLAN INSTITUCIONAL CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR				
MATERIALES	VALOR UNITARIO	CANTIDAD	VALOR TOTAL	OBSERVACION
Unifi-UAP outdoor	\$350.000,00	2	\$700.000,00	hall,canchas
Unifi-UAP-pro	\$550.000,00	1	\$550.000,00	auditorio
Unifi-UAPLR-indoor	\$285.000,00	2	\$570.000,00	S. espera
Unifi AP-indoor	\$180.000,00	4	\$720.000,00	
Unifi airmax sectorial 120°	\$400.000,00	2	\$800.000,00	patios
Unifi 90° POL V	\$425.000,00	1	\$425.000,00	pasillo 2
cable UTP cat 5e 300mt	\$160.000,00	4	\$640.000,00	
CONECTOR RJ 45 x 100und	\$50.000,00	1	\$50.000,00	
MULTITOMA premier 6 puestos	\$25.000,00	4	\$100.000,00	
CANALETA PLASTICA 4cm	\$6.500,00	75	\$487.500,00	UNDX2mt
CANALETA PLASTICA 1cm	\$3.800,00	200	\$760.000,00	UNDX2mt
TORNILLOS, CHAZOS, ARANDELAS, CINTAS,MARCADOR, AMARRES	\$150.000,00	1	\$150.000,00	
MikrotiK RouterBoard RB750L	\$100.000,00	1	\$100.000,00	<u>Ge</u>
cisco switch srw2016-k9-na	\$1.320.000,00	2	\$2.640.000,00	<u>16puertos</u>
TP-LINK ADAPATOR DE RED 802.11n WNIC	\$35.000,00	10	\$350.000,00	
GABINETE RACK DE PARED 5Ur- 19F	\$150.000,00	2	\$300.000,00	
BANDEJA PARA GABINETE 19F	\$50.000,00	4	\$200.000,00	
	SUBTOTAL		\$9.542.500,00	
OTROS	VALOR UNITARIO	UNIDADES	VALOR TOTAL	OBSERVACION
EPP, DOTACION PERSONAL	\$100.000,00	2	\$200.000,00	2 PERSONAS
EQUIPOS PARA TRBAJO SEGURO EN ALTURAS	\$550.000,00	10	\$5.500.000,00	1 PERSONA/ 1ODIAS
IMPROVISTOS			\$350.000,00	
	SUBTOTAL OTROS		\$6.050.000,00	
	TOTAL		\$21.372.500,00	

Simulación de infraestructura WLAN. Teniendo en cuenta que el proyecto esta cimentado con software se realizó una simulación del comportamiento de propagación RF en la edificación del colegio con base a unos planos creados con herramientas web en este caso **floor planner**, el registro se puede hacer sin costo alguno en el sitio web <http://www.floorplanner.com/> y se simulo la infraestructura de red, se asumieron las posiciones y parámetros de configuración de los AP sobre al plano para recrear el entorno y las características de propagación RF determinando las zonas de cobertura, relación señal ruido entre otros factores con el software para diseño de redes WLAN **Tamo Graph Site Survey** en su versión de evaluación disponible desde internet en <http://www.tamos.com/products/wifi-site-survey/>

El factor distancia determina la velocidad de transmisión además de los obstáculos presentes en el entorno y la frecuencia y potencia utilizadas, la figura 37 a continuación muestra las posibles velocidades de trasmisión en función de la distancia entre el AP y el dispositivo cliente para las bandas ISM como un modelo idealizado del comportamiento de la celda y la tasa de transferencia junto con esquema de codificación y modulación.

Figura 37 Comportamiento de celdas WLAN



Fuente: Validated Reference Design.En: Indoor 802.11n Site Survey and Planning p23 formato pdf.

Las figuras 38 y 39 muestran los resultados de la simulación de WLAN en las instalaciones del CPSB para cada uno de sus pisos haciendo una idea menos

subjetiva del comportamiento de la propagación de ondas en el entorno determinando las zonas de cobertura con capacidades de transmisión aceptable, media o baja y aquellas zonas o rincones del colegio sin cobertura WLAN.

En cada una de las simulaciones realizadas se puede ver el comportamiento de propagación de Radio Frecuencia en el entorno dentro del colegio determinando las posiciones de cada uno de los AP para la implementación de la WLAN, como elemento esencial de diseño las herramientas software sin duda ayudan a reducir los tiempos al hacer un análisis del entorno pasivo simulando las características de propagación, puede verse tanto en interiores a través de los salones, dependencias administrativas y demás salones en cada piso así como en exteriores o espacios abiertos tratándose de los patios, zonas de canchas y jardín de entrada principal del colegio.

En una escala de valores desde 0 a -80dBm para el indicador de cobertura o de fuerza de señal recibida RSSI se puede decir que:

0: señal ideal, difícil de lograr en la práctica.

RSSI de -40dBm a -60dBm: señal idónea con tasas de transferencia estables.

RSSI -60: enlace bueno, puede lograr una conexión estable al 80%.

RSSI -70: enlace bajo; señal medianamente buena.

RSSI -80: señal mínima aceptable para la conexión, cortes de comunicación, pérdida de datos.

Figura 38. Simulación de propagación de RF en CPSB piso 1

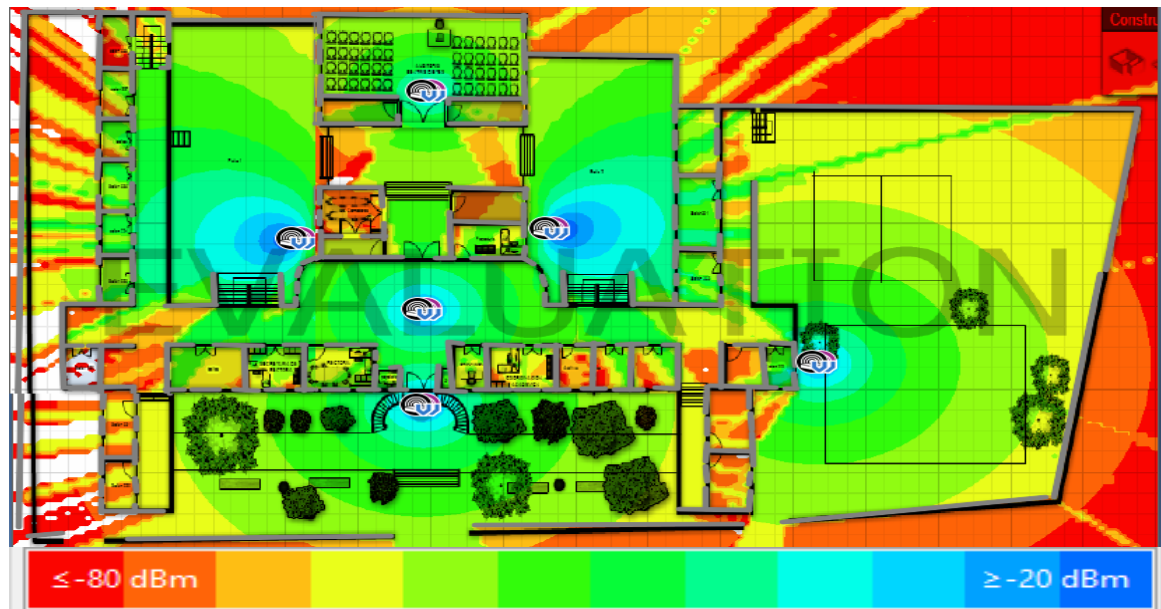
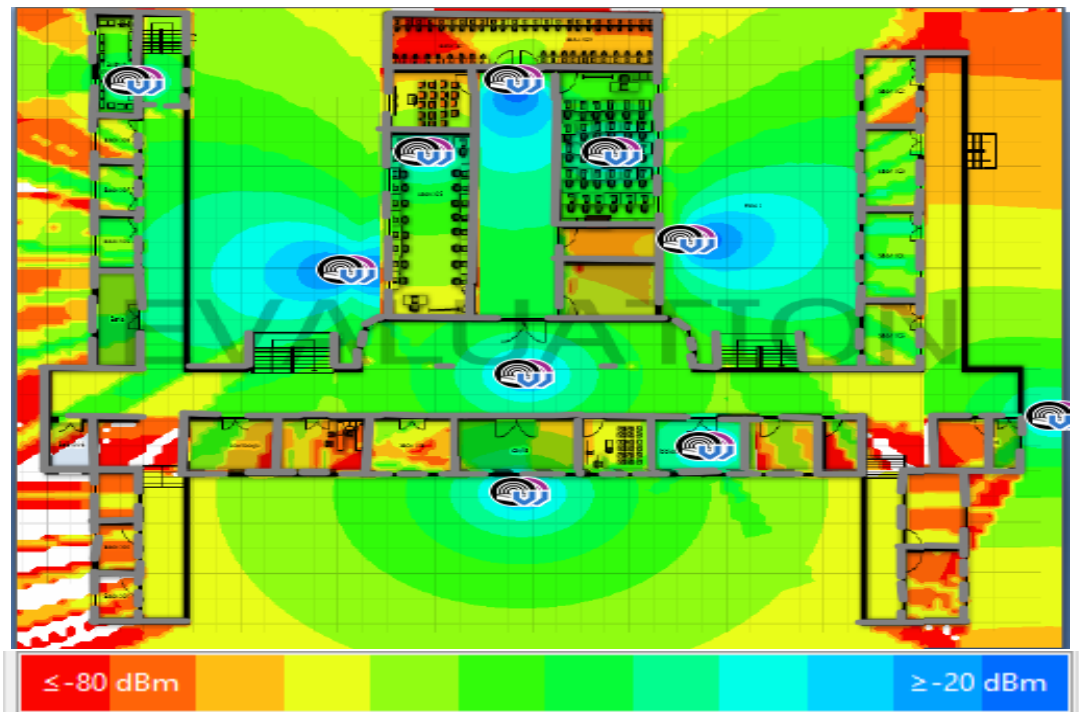


Figura 39. Simulación de propagación de RF en CPSB piso 2

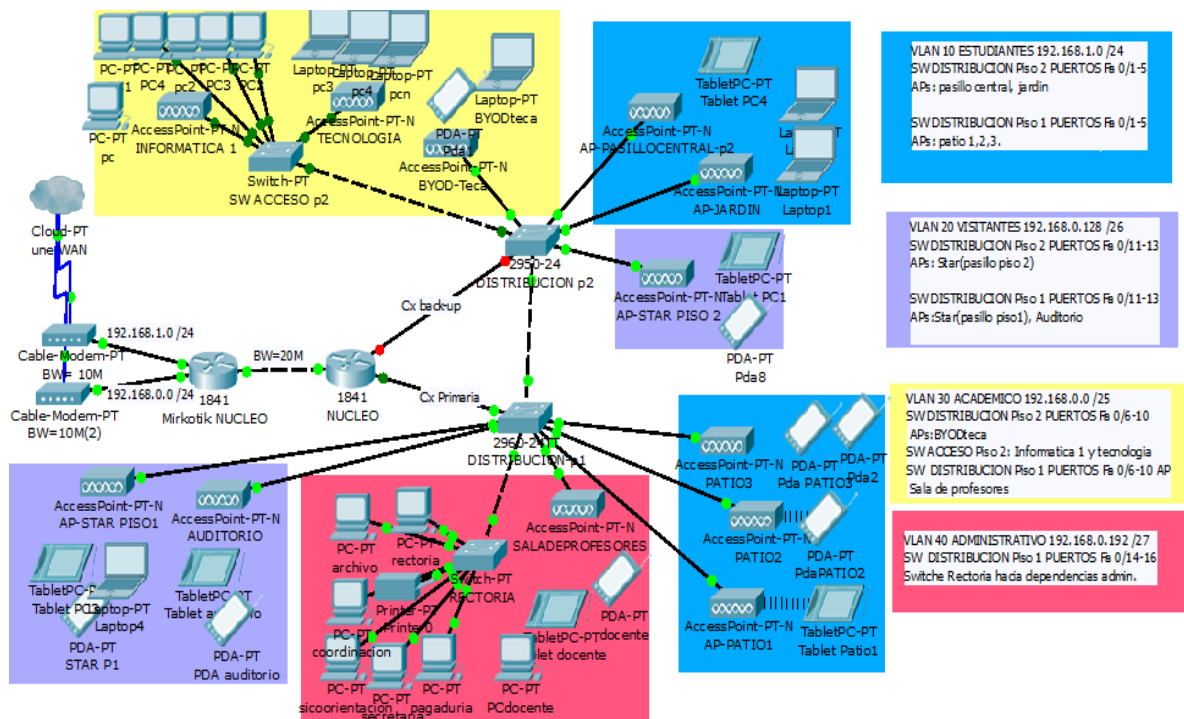


Por otra parte se emplearon herramientas como *packet tracer* 5.3 de Cisco descargada desde el sitio web <https://www.netacad.com/> con el que simulo la red inalámbrica para crear el sistema de distribución DS de la WLAN y su funcionamiento tanto dentro de la interfaz física y lógica de la herramienta.

En la figura 40 de la página a continuación se presenta el esquema lógico y simulación del entorno de red diseñado para las instalaciones del CPSB, ofrece cobertura de red inalámbrica y conexión en movimiento con capacidad de *roaming* entre celdas pudiendo los usuarios conectarse a la red sin necesidad de puertos, ni cable de red, tanto estudiantes como docentes, visitantes, acudientes o padres de familia, la comunidad académica general, además quedando activos y totalmente funcionales los puertos anteriormente existentes de la red de área local cableada en las salas de informática y administrativas.

La Figura 40 muestra los nuevos dispositivos de red como APs y WR dentro de la infraestructura lógica para ofrecer conectividad inalámbrica, generando una infraestructura de red jerárquica con segmento núcleo, red de distribución y red de acceso y una conexión primaria entre *switch* de distribución en el piso 1 y otra

De esta forma se reduce la infraestructura a una sola red con dos canales de acceso y un ancho de banda de 20M además que facilita la administración de la red reduce los costos de administración, mantenimiento y soporte.



La figura 41 en la página a continuación muestra la infraestructura física de la WLAN sobre el primer piso dejando ver donde se instalara un gabinete de equipos, el recorrido de canaleta para cableado del sistema de distribución y las

ubicaciones de cada AP, se considera un AP LR *outdoor Unifi 360°* en la fachada principal del colegio y canchas, un APLR indoor *Unifi 360°* en sala de espera, un AP pro indoor para el salón de actos y 2 AP outdoor con antenas sectoriales de 120° para los patio 1 y 2.

Figura 41. Ubicación de AP y DS de WLAN Primer piso CPSB, diseño



Autoría propia

Autoría propia

La Figura 42 inmediatamente anterior muestra con color rojo línea segmentada que describe el recorrido del cable por cielo raso para ofrecer conexión a internet a los estudiantes en la sala de tecnología, el salón de informática 1 y la ubicación de los WR para acceso con fines académicos, la línea roja continua describe el recorrido de canaletas y cableados del DS de la nueva WLAN y el punto de ubicación de cada uno los AP-LR 360° *indoor* para sala docente, pasillo, balcón y AP-360 *indoor* para informática 1, aula de tecnología y BYODteca.

Tabla 25. AP, ubicación y zonas de cobertura

ITEM	NOMBRE AP	SSID	UBICACIÓN	ENTORNO INST.	ZONAS DE COBERTURA
1	JARDIN	ESTUDIANTES, CPSB	fachada colegio	outdoor	jardin entrada principal, pasillos de edificios laterales sotano,piso 1 y piso 2 con cobertura parcial en los salones 220,221,331,332.
2	PATIO1	ESTUDIANTES, CPSB	patio1	oudoor	Patio1, pasillo piso 1 y 2, salones 223,224,225,336,337,338 entrada salon de actos, coordinacion academica, secretaria de rectoria
3	PATIO2	ESTUDIANTES, CPSB	patio2	outdoor	patio2,salones 201,202, 302,303,304,305,entrada salon de acots, archivo,pagaduria,pasillos edificio
4	PATIO3	ESTUDIANTES, CPSB, VISITAS	patio3	outdoor	Patio3 (canchas)
5	PASILLO	CPSB, ESTUDIANES, VISITAS	pasillo entrada colegio p1	indoor	Entrada pricipal edificio, rectoria, sicorientación, pagadurai, archivo, secetaria,entrada salon de actos, pasillos.
6	SALONDEACTOS	CPSB, VISITAS, ESTUDIANTES	salon de actos p1	indoor	salon de actos
7	CAPILLA	ESTUDIANTES, CPSB, VISITAS	pasillo frente a capilla p2	indoor	Coordinacion academica,balocon piso2, Pasillos, salon de ingles.
8	SALADEPROF	CPSB, VISITAS	sala de prof. P2	indoor	sala de profesores,pasillo piso2
9	INFORMATICA1	INFORMATICA 1, CPSB	salon de informatica p2	indoor	salond e informatica 1,pasillo central piso 2
10	TECNOLOGIA	TECNOLOGIA, CPSB	aula de tecnologia p2	indoor	aula de tcnologia, pasillo central piso 2
11	BYOD-tk	ESTUDIANTES, CPSB, VISITAS	piso 2	indoor	BYOD-tk(propuesta)
12	PASILLO2	ESTUDIANTES VISITAS,CPSB	pasillo edificio central piso 2	indoor	Pasillo central p2, salones edificio central p2

Autoría propia

La ubicación de cada AP según muestran las gráficas 41 y 42 permite identificarlo en las instalaciones del colegio pero se debe tener en cuenta que cada AP puede

publicar 4 SSID diferentes para de esta forma otorgar administración de acceso a diferentes tipos de usuarios en nuestro caso como esporádicos o permanentes siendo visitas, acudientes o estudiantes, docentes y administrativos respectivamente permitiendo la configuración de nuestra red según la ubicación y servicios de cada tipo de usuario, a continuación la tabla muestra la configuración de SSID para los AP a implementar en el edificio del Colegio Centro Piloto Simón Bolívar.

Está en manos del administrador de la red y demás administrativos del colegio implementar políticas de uso para la red como tiempos de actividad Wi-Fi de manera que se evite el mal manejo de esta por parte de los estudiantes durante sus clases teniendo en cuenta los horarios académicos, tiempos libres de descanso, estudiantes en contra-jornada y demás.

Esquema de seguridad sobre la WLAN. La seguridad de la red se basa en el protocolo WPA2 aplicando además políticas de seguridad como:

- No se permite el préstamo de los equipos portátiles personales de los docentes a los estudiantes o por lo menos mientras están conectados a redes de tipo académico o administrativo.
- Comprometerse con la salvedad de información de tipo sensible, privada al guardar total confidencialidad con respecto a las claves de acceso a la red.
- Se recomienda además aplicar filtro MAC sobre los WR para accesos a internet de tipo académico evitando de esta manera accesos indeseados y tráfico de red adicional sin fines académicos.
- Se recomienda ocultar las redes de tipo académico de manera que se dificulte su detección y posibles intentos de acceso indeseado, así como generar perfiles de usuario que eviten acceder a las propiedades de configuración inalámbrica de cada portátil u ordenador de la red académica institucional.

Tabla 26. Esquema de seguridad WLAN

UBICACIÓN DEL AP/WR	SSID	SSID ON-OFF	USO	SEGURIDAD
Sala de profesores	SALA-DOCENTE	publico	Docentes-Admón.	WPA2-AES
informática	INFORMATICA	oculto	Académico	WPA2-AES
Tecnología	TECNOLOGIA	oculto	Académico	WPA2-AES
Byodteca	Byotdteca	oculto	Académico	WPA2-AES
Patio1	CPSB	publico	General	libre
Patio2	CPSB	publico	General	libre
Patio3	CPSB	publico	General	libre
Fachada	CPSB	publico	General	WPA2-AES
sala de espera piso1	CPSB	publico	General	libre
sala de espera piso 2	CPSB	publico	General	libre
Auditorio	AUDITORIO	publico	General	libre

Consideraciones definitivas de diseño. Aunque el diseño del proyecto WLAN expuesto en el presente proyecto como una red institucional de tipo robusto con nivel de escalabilidad alto, se basa en un modelo de capacidad teniendo en cuenta las características que describen el concepto, las dimensiones del edificio y el número de potenciales usuarios debió considerarse el carácter público de la institución académica y por razones económicas finalmente con el presupuesto asignado implementar la red siguiendo el esquema de diseño realizado para ofrecer cobertura RF en las instalaciones del CPSB pero, valga la aclaración, sin realizar una optimización de la infraestructura de red cableada existente LAN como la expuesta en el presente proyecto, que se planteó y quiso realizar aun cuando el estándar IEEE802.11 no lo contempla dentro de su alcance, sin estar de más mencionar que sería un elemento esencial como “columna vertebral” de la red cableada del que derivaría el sistema de distribución (DS) de la WLAN quedando pendiente para la administración institucional migrar de forma progresiva hacia una nueva y robusta red.

Observando el diagnóstico realizado inicialmente se notó la existencia de múltiples canales para acceso a internet adquiridos por el CPSB con tecnología DSL a través del ISP Tele Bucaramanga, revisando el tema nuevamente esta vez con el contador ante la negativa de renovación de la infraestructura en busca de

soluciones como ampliación de anchos de banda e integración de AP a las redes existentes en el colegio se encontró sorpresivamente facturación de dos líneas más con servicio de internet de 1M que no fueron vistas en ningún momento durante el escaneo de la red ya que se encuentran en salones cerrados, en desuso desde un tiempo atrás.

Se evaluaron los costos referentes a dichos servicios teniendo en cuenta el ancho de banda y la inutilidad, se propuso la cancelación del contrato del servicio de internet manteniendo las líneas telefónicas del colegio de aquellas que sin hacer uso del servicio de internet a través de DSL de 1M ofrecen el servicio de telefonía.

La tabla 27 resume los valores actuales cancelados por el servicio, los valores correspondientes a la ampliación de ancho de banda al integrar la WLAN a lo existente y la propuesta de adquisición de un nuevo canal con un ISP diferente con tecnología HFC y soporte para ofrecer 10Megas de ancho de banda y ampliación en el sector de ubicación del colegio.

Tabla 27. Análisis de costos Servicio de internet

COMPARACION DE COSTOS DE SOPORTE				
ANCHO DE BANDA CON PSI (valor mensual del servicio)	ACTUAL	AMPLIACION	PROPUESTA	IMPLEMENTACION
SALA DE ROF (1M)	\$46.000	\$46.000	\$0	\$0
CPSB MODEM (4M)	\$52.400	\$145.163	\$0	\$0
RECTORIA MODEM (4M)	\$52.400	\$145.163	\$0	\$52.400
canal 1 (1M)	\$46.000	\$46.000	\$0	\$0
canal 2 (1M)	\$46.000	\$46.000	\$0	\$0
NUEVO CANAL 1 (10M)			\$86.768	\$86.768
NUEVO CANAL 2 (10M)			\$86.768	
total mensual	\$242.800	\$428.326	\$173.536	\$139.168
total anual de BW actual	\$2.913.600	\$5.139.912	\$2.082.432	\$1.670.016

Autoría propia

Puede observarse el ahorro que genera la propuesta aun cuando se adquiere un nuevo canal para la implementación WLAN, dinero y servicio que posteriormente puede ser utilizado para realizar la migración progresiva hacia una nueva red “robusta” como la propuesta inicialmente de forma ideal o cubrir los costos de mantenimiento de la misma.

Tabla 28. Coste/beneficio, nuevo canal de internet

RELACION COSTE BENEFICIO		
ACTUAL	PROPUESTA	AHORRO ANUAL
\$2.913.600	\$1.670.016	\$1.243.584

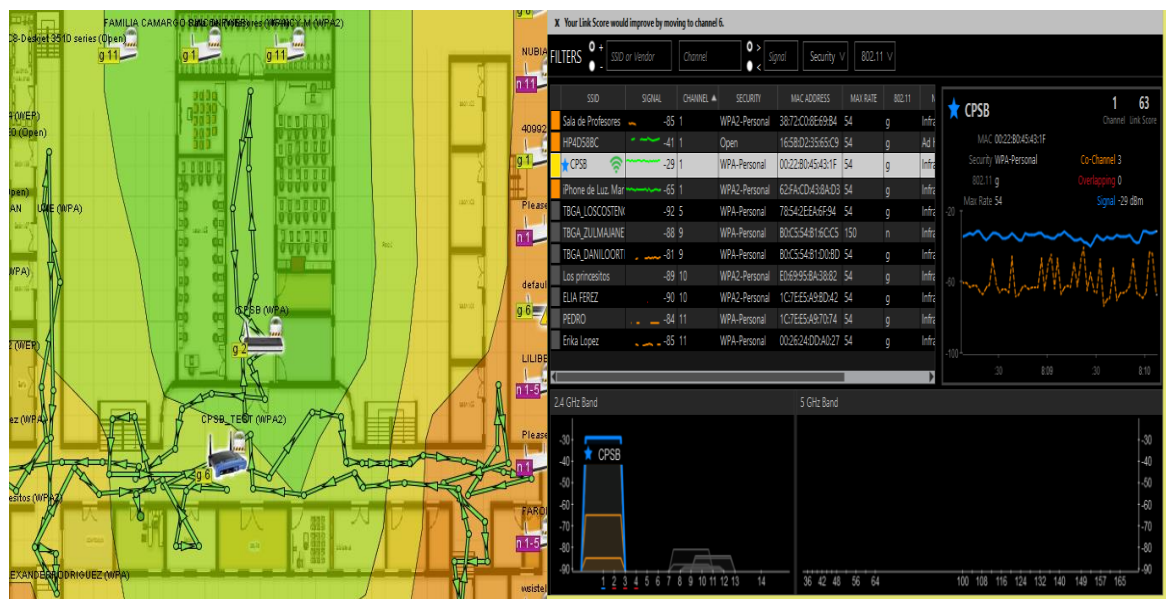
Autoría propia

Aun cuando la inversión de implementación WLAN es millonaria puede verse claramente el beneficio que implica seguir las recomendaciones como cancelar los servicios en desuso por la comunidad estudiantil frente a otras alternativas estudiadas justificando el valor de inversión.

4.2.3 Paso 3: Test piloto. Se manipularon para la prueba piloto equipos WR a manera de laboratorio para además familiarizarse con la interfaz de usuario de cara a la configuración.

Como Test se configuró un WR con una antena externa para la sala de informática 1, se instaló en el gabinete de pared allí ubicado publicando el SSID CPSB, se conectó al Switch para ofrecer acceso a internet a los equipos con WNIC de la sala informática 1 y se conectó el switch de 16 puertos a uno de los puertos LAN del modem DSL sobre los que se encontró servicio de INTERNET para los equipos conectados por cable o NIC inclusive este WR recientemente instalado alcanza a dar cobertura para el portátil del salón de audiovisuales y los equipos portátiles ubicados en el aula de tecnología, todos estos con fines académicos.

Figura 43. Resultado Test piloto



a. Toma de datos Heat-Mapper

b. toma de datos inSSIDer
Autoría propia

Se realizaron por otra parte unas **pruebas de campo** al ubicar de forma tentativa un *Wireless Router broadband* de la línea *Linksys* de Cisco con dos antenas internas en los sitios en los que dentro del plano del colegio se realizaron pruebas de interferencia en la etapa previa de planeación, utilizando un SSID CPSB-TEST con el que se referencian en función de la distancia los niveles de intensidad en la

recepción de señal mientras se recorren las instalaciones del colegio como pasillos, salones, jardines, canchas,

Se decidió realizar una prueba de ping sostenido a la Gateway (WR) de manera que mostrara la asociación entre AP y cliente a nivel RF desde el dispositivo cliente un *Ultrabook* Lenovo con adaptador WNIC Intel Centrino N2230 determinando las distancias y niveles de recepción entre las que se evitan retrasos y pérdida de paquetes debido a atenuación por aristas, difracción, refracción, reflexión, interferencia por múltiples trayectos y la misma distancia entre AP CPSB-TEST y cliente entre otros factores de consideración dentro del concepto de pérdidas de propagación en espacio libre que determinan un nivel de umbral mínimo en la recepción de señales RF entre emisor y receptor del sistema de comunicaciones creado para aplicar al despliegue de redes WLAN de -70 dBm para los equipos mencionados teniendo en cuenta las características de sus componentes.

La tabla 29 a continuación resume los resultados de las pruebas de campo en las que se indica el nivel RSSI desde diferentes puntos tomando como referencia el Wireless Router CPSB-test y CPSB (ver ANEXO D).

Tabla 29. Relación, Intensidad de señal recibida y distancia

NIVELES DE RECEPCION DE INTENSIDAD DE SEÑAL(RSSI dBm)						
AP (ubicación)	Distancia					
	5m	10m	15m	20m	25m	30m
CPSB-TEST patio1	-45	-52	-54	-56	-61	-69
CPSB-TEST patio2	-50	-53	-55	-58	-60	-68
CPSB-TEST patio3	-48	-52	-53	-55	-59	-64
CPSB-TEST entrada col	-41	-48	-54	-58	-63	-70
CPSB-TEST pasillo piso1	-40	-46	-54	-55	-68	-74
CPSB-TEST pasillo piso2	-44	-53	-56	-64	-73	-79

Autoría propia

En una escala de valores desde 0 a -80dBm para el indicador de cobertura o de fuerza de señal recibida RSSI se puede decir que:

0: señal ideal, difícil de lograr en la práctica.

RSSI de -40dBm a -60dBm: señal idónea con tasas de transferencia estables.

RSSI -60: enlace bueno, puede lograr una conexión estable al 80%.

RSSI -70: enlace bajo; señal medianamente buena.

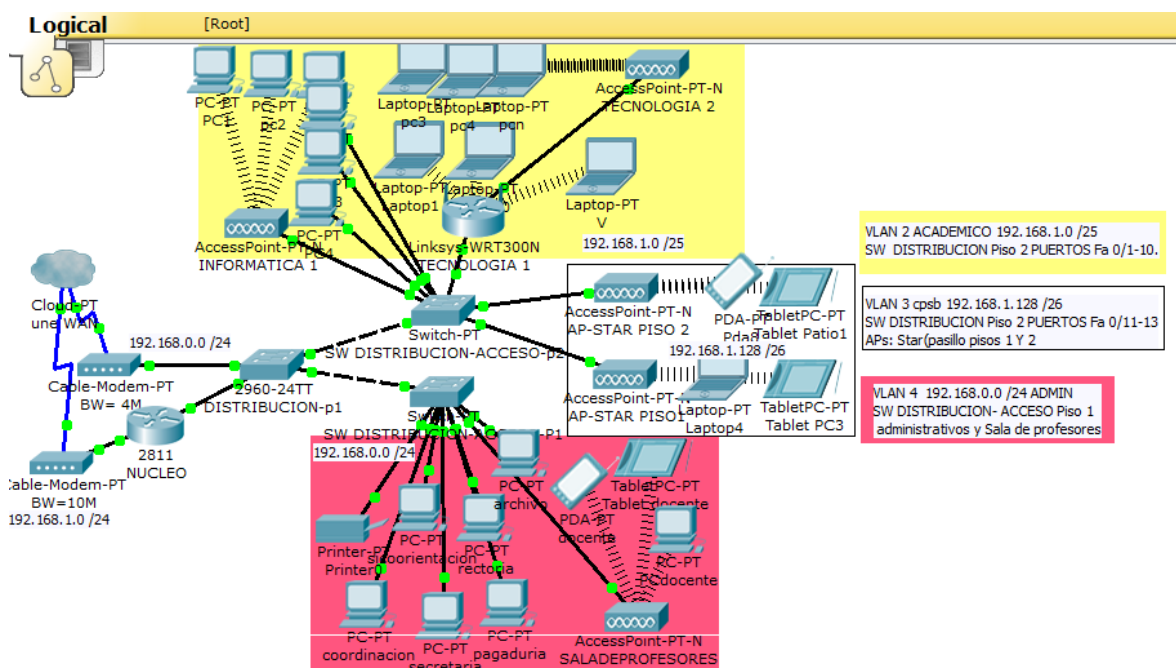
RSSI -80: señal mínima aceptable para la conexión, cortes de comunicación, pérdida de datos.

4.2.4 Paso 4: Implementación y configuración parcial. En esta etapa es importante tener cuidado sobre cada detalle de conexión a nivel físico de red ya que podría determinar el éxito de la implementación a sabiendas que de nada servirá tanto esfuerzo en etapas previas si se cometen errores de instalación y configuración en etapas finales.

Se realizaron simulaciones de la red actual después de incorporar acceso inalámbrico de tipo académico para el salón de audiovisuales, ingles aula de tecnología e informática 1 con los equipos existentes de red y los WR adquiridos para el proyecto, en la sala docente se reconsidero la ubicación del WR con referencia a la inicial además que se canceló el servicio de Internet antes allí recibido con ancho de banda de 1Mbps.

En la figura 44 se ve el esquema de la infraestructura lógica de red como implementación parcial simulada y primera fase dentro de un plan de migración hacia una infraestructura de red robusta que incorpore las redes 802.3LAN existente y la reciente WLAN notando la jerarquía de equipos de enrutamiento y conmutación como segmentos núcleo, distribución y acceso de la red, la topología lógica de red, DS, los WR de la WLAN y la supresión de un servicio de Internet.

Figura 44. Esquema lógico de WLAN, implementación simulada

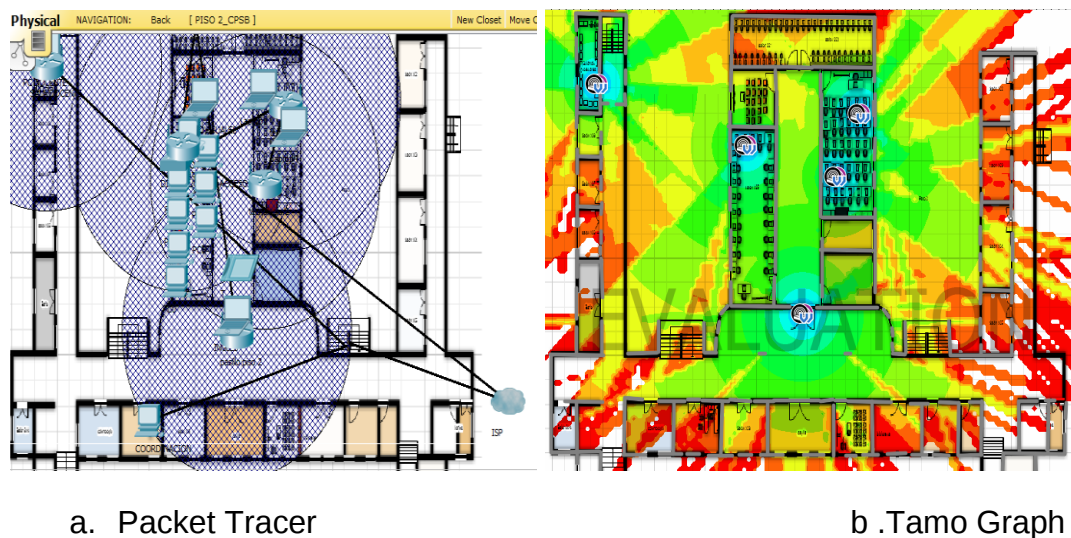


Autoría propia

Se implementa la red con base al concepto de cobertura más que nada debido a la limitación de recursos para ofrecer conexión sin cables sobre las zonas con más afluencia de estudiantes en el colegio y salas o salones con fines académicos como una fase inicial de cara a una migración hacia la de red que integra las topologías de LAN y WLAN en una sola infraestructura.

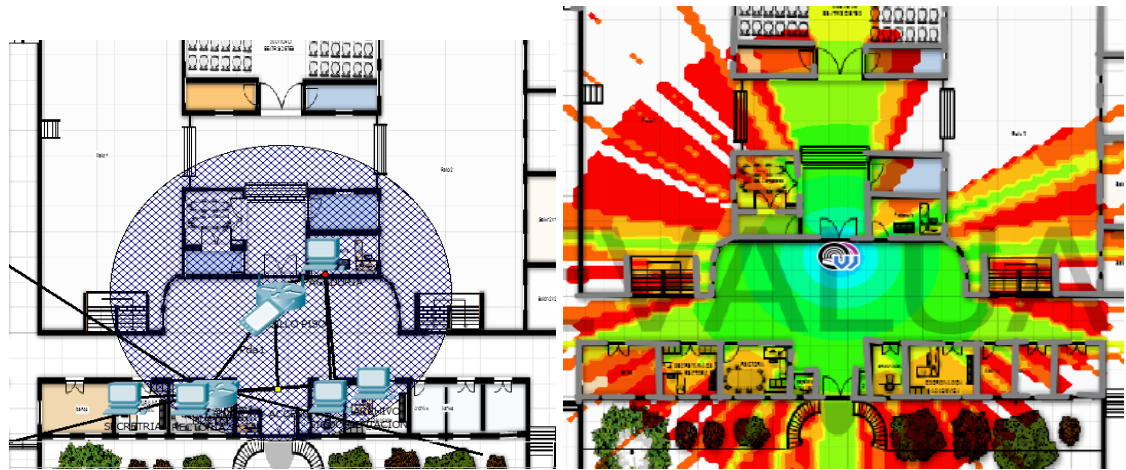
La figura 45(a) en la página a continuación expone el resultado de simulación hecha con *Packet tracer* en la interfaz física de la herramienta donde sobre planos previamente diseñados con la herramienta *floorplanner* y en formato .jpg se inserta y simula la infraestructura física de red sobre las instalaciones de colegio, el recorrido del DS y la ubicación de los WR sobre el segundo piso, dejando ver además el área de cobertura de cada uno de los enrutadores o puntos de acceso inalámbricos, mientras la figura 45(b) en escala de colores muestra los niveles de señal RF de cobertura WLAN, simulación hecha con la herramienta software Tamo Graph Site-survey.

Figura 45. Infraestructura física de red, implementación simulada piso 2



Autoría propia

Figura 46. Infraestructura física de red, implementación simulada piso 1



a. Packet Tracer

b. Tamo Graph

Autoría propia

La figura 46 inmediatamente anterior presenta los resultados de implementación simulada realizada sobre las instalaciones del primer piso del CPSB dejando notar en la figura 46(a) con la herramienta *Packet Tracer* la disposición física de equipos en red y la figura 46(b) tomada con la herramienta *Tamo Graph Site Survey* la zona de cobertura el comportamiento RF en escala de colores a lo largo del primer piso en las instalaciones del colegio. En esta etapa se tiene acceso a los equipos e introducen configuraciones con base al plan de diseño, la siguiente tabla resume los parámetros de configuración de equipos de red.

Tabla 30. Configuración básica de equipos

UBICACIÓN DEL AP/WR	SSID	USO	SEGURIDAD	CANAL
Sala de profesores	SALA DE PROFESORES	Docentes-Admón.	WPA2-AES	1
Tecnología	TECNOLOGIA 1	Académico	WPA2-AES	1
Tecnología	TECNOLOGIA 2	Académico	WPA2-AES	6
sala de espera piso1	CPSB	General	libre	6
sala de espera piso 2	CPSB	General	libre	1
informática	INFORMATICA	Académico	WPA2-AES	11

Autoría propia

Actividades de despliegue de WLAN en el CPSB. Fase final de diseño dentro del desarrollo de WLAN para dar inicio a actividades de campo relacionadas con la instalación de infraestructura y hardware de red siguiendo el plan de despliegue y diseño obtenido en etapas previas con base a estudios de simulación.

Se Necesita una cuadrilla de mínimo dos hombres para realizar las actividades de campo y por razones de seguridad debe hacerse el trabajo por personal técnico idóneo y certificado para trabajo seguro en alturas cuando la actividad lo requiera, utilizando los respectivo Elementos de Protección Personal o EPP durante el desarrollo de cada una de las actividades.

Se recomienda a un integrante de la cuadrilla estimar los riesgos del desarrollo de actividades y generar un documento ATS o Análisis de Trabajo Seguro pudiendo ser una tabla en la que consignan los aspectos claves de seguridad como elementos necesarios para trabajar, riesgos y demás.

Adecuaciones, obra civil de tipo menor. Inició con actividades como la instalación de soportes para equipos de red donde se requiera con adecuaciones civiles de tipo menor, perforaciones, instalación de canaletas en exteriores e interiores y demás elementos estructurales a lo largo de las instalaciones de colegio a través de los pasillos.

Figura 47. Instalación de canaletas y cableado pasillos.

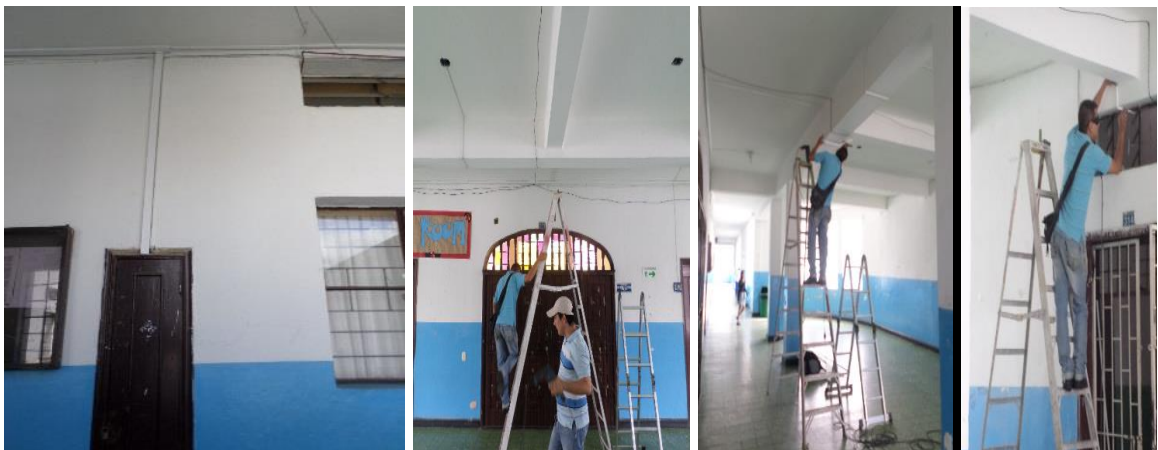


Figura 48. Instalación de canaleta y cableado, sala de profesores



Cableado de red. En esta actividad se tiende el cableado de red referente al DS a cada uno de los AP o WR, se poncha con la norma EIA/TIA para conexiones de red, se recomienda poner marquillas de identificación origen y destino al cableado para facilitar cualquier tipo de actividad referente a mantenimientos, daños, cambios sobre este.

Finalmente se mantuvo la infraestructura de red existente, se conservó el canal de internet ubicado en la sala de INFORMÁTICA 1 ante lo cual de los 30 ordenadores de escritorio en la sala 15 se conectan a través del cableado de red (que de por si merece un mantenimiento correctivo para su buen funcionamiento) y los otros 15 se conectarán a través de la WNIC, se aplicó el protocolo de seguridad WPA2 al instalarse en la etapa de prueba piloto este WR se puso en funcionamiento con fines académicos inclusive para el salón colindante de audiovisuales y aula de tecnología.

El canal de internet llamado RECTORIA por su ubicación, con ancho de banda de 4M se mantuvo y se mejoró la infraestructura física LAN existente hacia las dependencias administrativas instalando canaleta al cableado, se utilizaron dos de los puertos libres del *switch* existente, se distribuyó desde este mismo *switch* cableado *Ethernet* hacia el WR sala de profesores, también al WR ubicado en la sala de espera del piso 1 para uso general.

El cableado Ethernet para la implementación de un WR en la sala de profesores debió hacerse en vista de la cancelación del servicio allí antes recibido, se reubico el nuevo WR con relación al que se encontró al momento del estudio en un rincón de la sala específicamente en el muro del lindero del colegio a nivel del suelo prácticamente, bastante escondido, razones por las cuales se decidió instalar sobre una esquina contraria a la que se encontró sin afectar la cobertura en el interior de la sala, ubicando el nuevo AP más hacia el centro del colegio para ofrecer un poco más de alcance sobre el área de los salones cercanos, pasillo y patio 1; quedando para uso exclusivo de los docentes.

Instalación y energización de equipos de infraestructura de red, habiendo tendido y ponchado el cable de red, se instalaron los equipos de infraestructura, se realizaron conexiones de red y energizan equipos para poner en marcha la red.
 Figura 49. Instalación de equipos aula de tecnología y sala de informática

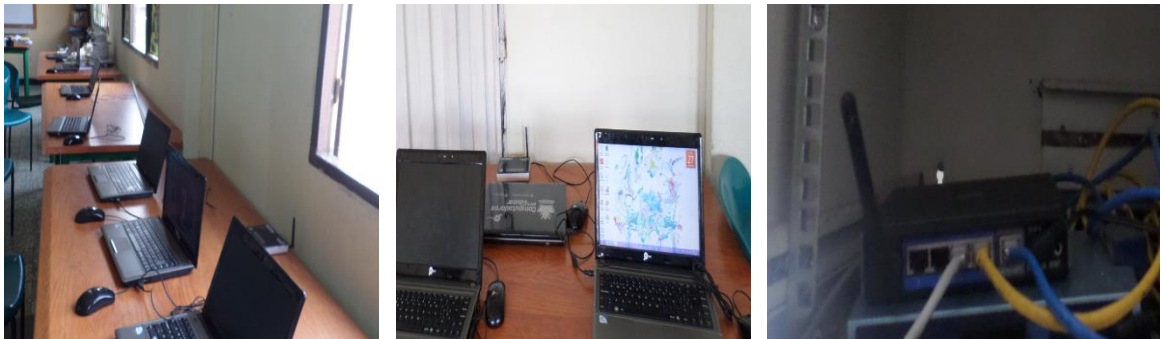
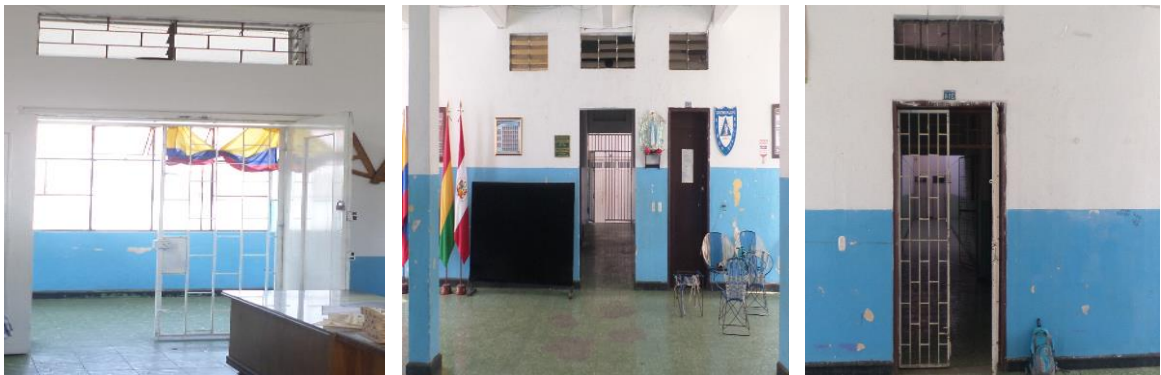


Figura 50. Instalación de equipos de red, sala docente y pasillos



Si los equipos tienen *PoE (Power over Ethernet)* o potencia sobre internet estos tanto el switch como el AP no requieren voltaje de alimentación externa AC/DC sino que se alimenta a través del mismo cable de red o bien si el conmutador o *switch* no cuenta con PoE pero el AP o WR sí, entonces, se hace a través de adaptadores o inyectores PoE en vista de la ausencia de tomas de AC (corriente alterna) sobre la ubicación del AP o WR.

La infraestructura física de red inalámbrica de área local implementada en el colegio, el recorrido del DS y la ubicación de los WR como resultado de la

implementación después de un largo proceso de estudio y análisis de simulaciones realizadas con herramientas software que facilitan el despliegue además que ayudan a generar un diseño óptimo de red en pro de la realización de proyectos en instituciones o empresas con recursos disponibles limitados de manera que persuadan al interesado e incrementen las probabilidades de una implementación exitosa.

La página a continuación presenta en las figuras 51 y 52 respectivamente la infraestructura de red sobre el segundo y primer piso de las instalaciones del colegio.

En cada una de estas puede verse con línea continua de color azul el recorrido de la canaleta como DS de la red desde los switches de distribución a cada uno de los WR y con línea roja segmentada el recorrido de cable por cielo raso.

La ubicación de cada uno de los dispositivos de red utilizados para la implementación.

Figura 51. Ubicación de WR y recorrido del DS de WLAN, piso 2

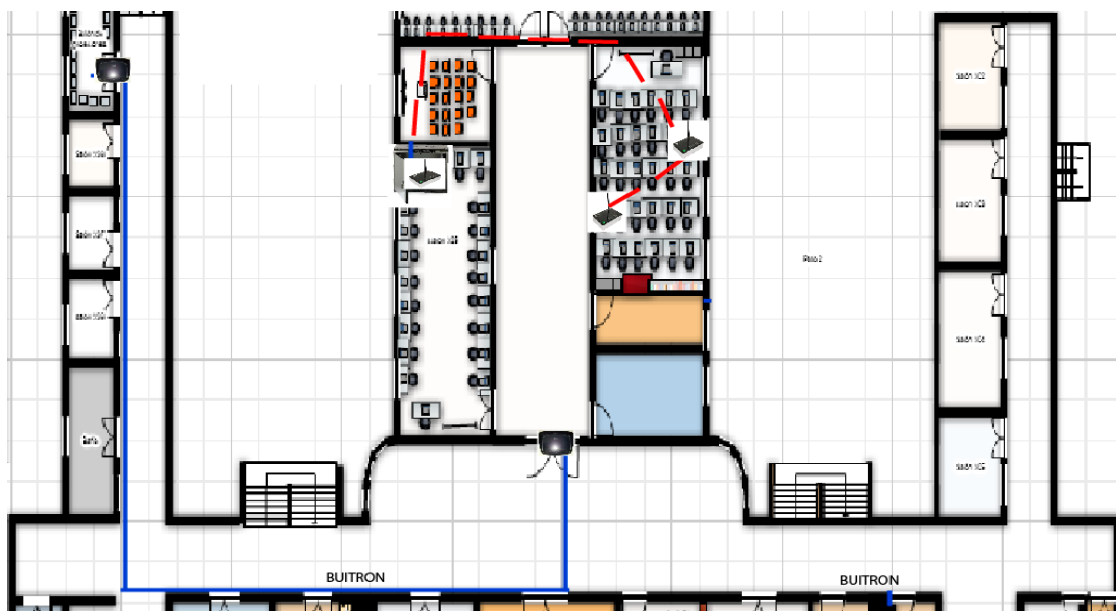
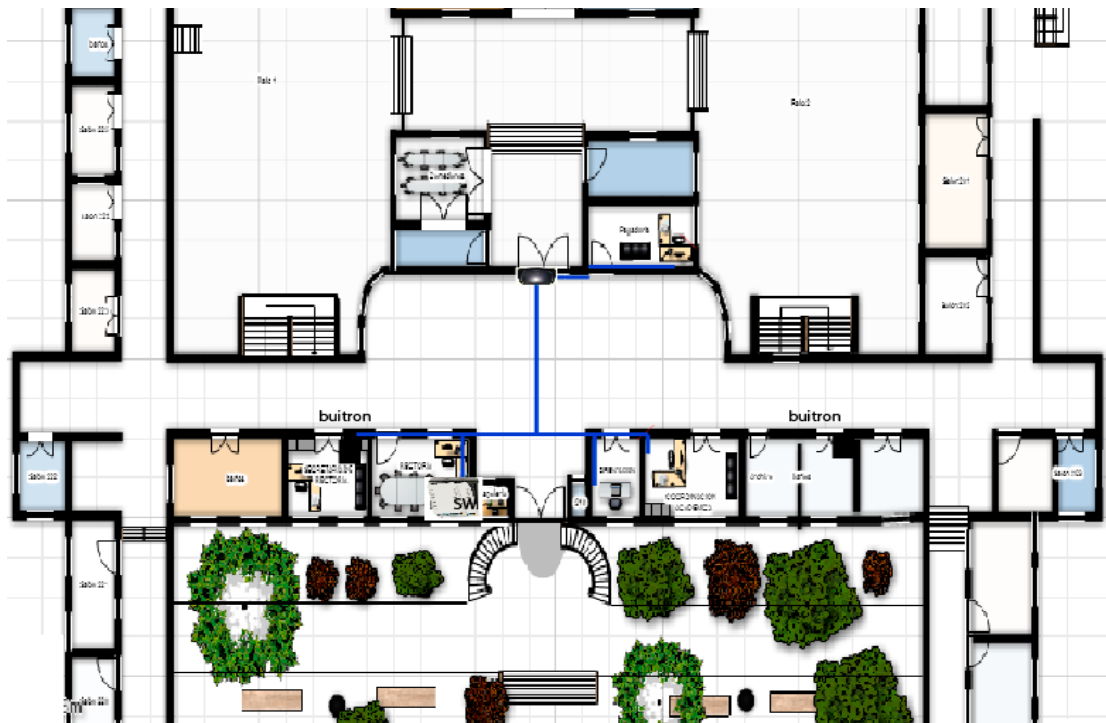


Figura 52. Ubicación de WR y recorrido del DS de WLAN, piso 1



4.2.5 Paso 5: operación y soporte de la WLAN. Implementada la red se realiza un escaneo al BSA o área de cobertura de cada uno de los WR instalados.

Operación, medidas y test de funcionamiento. La toma de datos muestra en escala de colores los niveles de recepción de señal RF según la distancia y la atenuación por propagación en espacio libre entre el dispositivo móvil cliente y el AP en cuestión, generando una visión del resultado de implementación que constata las zonas o área de cobertura BSA de cada BSS, en la figura de color verde intenso aquellas zonas con buenos niveles de Tx/Rx de color verde claro zonas con recepción aceptable, de color amarillo aquellas zonas con niveles de recepción y tasa de transmisión media hasta baja y de color rojo zonas sin conexión Wireless.

BSS Sala de profesores, resultado. En la figura 53(a) el resultado del escaneo realizado con el software *Ekahe Heat mapper* dejando ver la cobertura de la red antes de implementar la WLAN y reubicar el AP ofreciendo cobertura en la sala y apenas hacia el exterior del salón e interior del colegio mientras la figura 53(b) muestra el resultado del escáner realizado con *Heatmapper* una vez implementada la red dejando ver la notable mejora de cobertura hacia el interior de las instalaciones del colegio.

Figura 53. Cobertura BSS Sala de profesores, resultado



53(a) BSA inicial

53(b) BSA resultante al reubicar AP

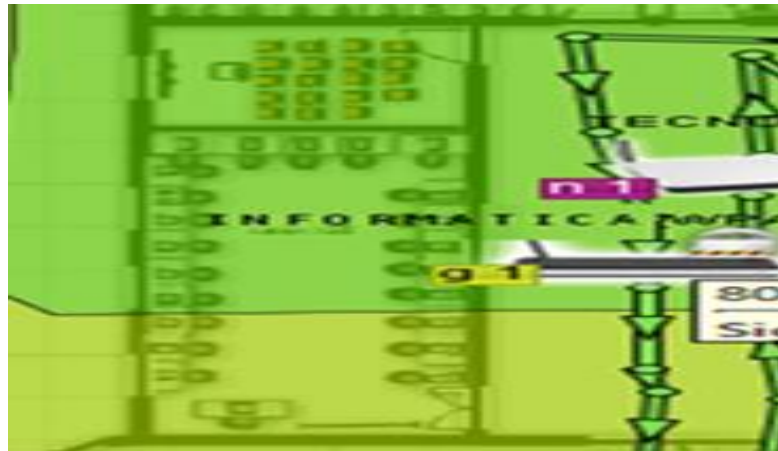
Autoría propia

Después de reubicar el AP con relación a la posición del anteriormente existente se generó un mayor radio o área de cobertura hacia el interior de la edificación del colegio, los docentes pueden tener acceso a la red sin cables a través del AP de la sala de profesores tanto en el interior de la sala como en el exterior en pasillos, salones, patio 1 inclusive la sala de audiovisuales y parte parcial de informática ubicados en el bloque central de la edificación.

BSS informatica1, resultado. Al instalarse un enrutador Wireless en la sala de informática 1 esta cuenta con acceso de red sin cables tal y como permitió visualizar la herramienta de simulación *packet tracer* de manera que los ordenadores con tarjeta de red inalámbrica WNIC que anteriormente no podían acceder a internet a través del adaptador de red PCI aun estando conectados a la red por cable puedan acceder al Internet durante sus clases haciendo buen uso de las TIC en procesos de formación pudiendo sacar en lo posible el máximo de utilidad a los recursos, mientras los restantes conectados por cable operan normalmente.

Este WR además da cobertura al equipo portátil ubicado en la sala de audiovisuales para uso docente inclusive parte parcial de la sala de informática 2

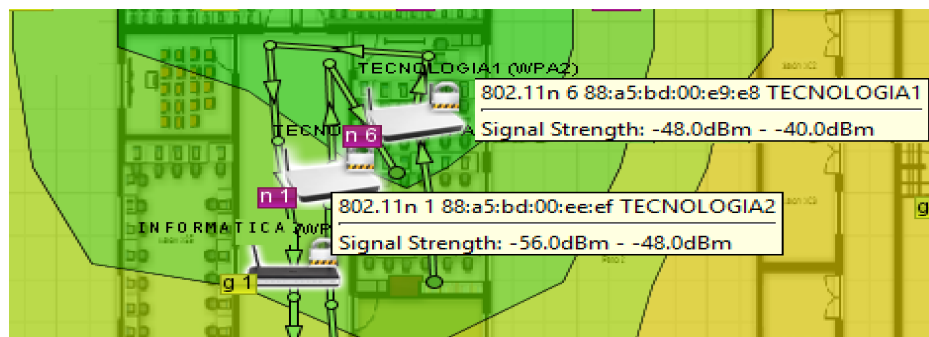
Figura 54. Cobertura BSS sala de informática 1, resultado



BSSs tecnología 1 y tecnología 2, resultado. Se instalaron en la sala de tecnología 2 WR , ahora los estudiantes pueden hacer uso de los computadores portátiles del aula de tecnología para acceso a Internet con fines académicos, manteniendo velocidades aceptables de carga y descarga de datos desde y hacia la web tal y como confirman las encuestas de satisfacción y mostro la simulación sobre la herramienta *packet tracer* al configurar cada WR como Gateway para 30 portátiles cada uno aumentando el rendimiento de operación de la red sabiendo que la sala cuenta con 30 portátiles.

Estos WR instalados en la sala de tecnología llegan a radiar su SSID con niveles aceptables de potencia pudiendo ofrecer cobertura inalámbrica debido a la cercanía con la sala de audiovisuales, desde donde se registraron valores desde -52dbm hasta -63dbm.

Figura 55. Cobertura BSSs aula de tecnología, resultado



Autoría propia

BSS sala de espera piso 1, resultado. Instalado un WR en la parte central del primer piso del colegio los estudiantes, docentes, administrativos del colegio pueden acceder a internet sin cables desde el pasillo o sala de espera central sobre el primer piso como muestra el resultado de escaneo hecho con *HeatMapper* en escala de colores de RSSI mientras se realiza un recorrido por el primer piso de las instalaciones del colegio.

Figura 56. Cobertura BSS pasillo piso1, resultado



BSS pasillo piso 2, resultado. Los estudiantes, docentes, administrativos del colegio pueden acceder a internet sin cables desde el pasillo del edificio central sobre el segundo piso como muestra el resultado de escaneo.

Figura 57. Escáner BSA del AP pasillo piso 2, resultado



El computador portátil ubicado en la sala de audiovisuales accede a internet sobre los enrutadores inalámbricos ubicados en aula de tecnología e informática 1 e inclusive sala de profesores tal y como se planteó sobre las simulaciones teniendo en cuenta que no siempre están activos los *WR* de tecnología puede alternar con informática1 y sala docente sin verse afectado por atenuaciones de distancia.

Los resultados de implementación anteriormente vistos sobre graficas resultantes del uso de herramientas software se resumen en la tabla 31 a continuación mostrando los niveles de recepción obtenidos con el software *inSSIDer* luego de implementada la red al realizar un recorrido por los pasillos, salones e instalaciones en general haciendo una tomografía en tiempo continuo de niveles de recepción de potencia que referencien la extensión de las áreas de cobertura BSA de cada estación básica de servicio.

Tabla 31.Resultados, Niveles de recepción

NIVELES DE RECEPCION DE INTENSIDAD DE SEÑAL(RSSI dBm)						
AP (ubicación)	distancia					
	5m	10m	15m	20m	25m	30m
Informática	-39	-42	-44	-51	-56	-69
Tecnología 1	-38	-48	-47	-56	-62	-68
Tecnología 2	-40	-46	-48	-55	-59	-72
Sala de profesores	-41	-44	-49	-52	-55	-67
pasillos piso1	-40	-42	-56	-58	-70	-74
pasillos piso2	-41	-47	-52	-56	-67	-73

Autoría propia

En una escala de valores desde 0 a -80dBm para el indicador de cobertura o de fuerza de señal recibida RSSI se puede decir que:

0: señal ideal, difícil de lograr en la práctica.

RSSI de -40dBm a -60dBm: señal idónea con tasas de transferencia estables.

RSSI -60: enlace bueno, puede lograr una conexión estable al 80%.

RSSI -70: enlace bajo; señal medianamente buena.

RSSI -80: señal mínima aceptable para la conexión, cortes de comunicación, pérdida de datos.

4.3 SIMULACIONES SOFTWARE Vs RESULTADOS DE IMPLEMENTACION

Las simulaciones realizadas con las herramientas software seleccionadas para el análisis y diseño fueron confrontadas con el funcionamiento de la red final y resultado de implementación, pudo observarse que las herramientas utilizadas dan crédito de su uso y pueden garantizar la calidad del diseño.

Se decidió hacer uso de las herramientas en mención ya que además de ser de uso libre y poderse descargar de la web sin licencia ni costo alguno reducen notablemente el costo del desarrollo del proyecto, además que son herramientas

de calidad con bajo margen de error de alta popularidad debido a la fiabilidad de los resultados en cada una de las pruebas.

Cabe resaltar que el hecho de incorporar herramientas software a la metodología de RACKLEY reduce considerablemente los tiempos y genera resultados fiables.

InSSIDer y *Vistumbler* se emplearon porque debe escanearse el entorno de interés identificando redes WLAN coexistentes; *Floorplanner* permite generar planos en 2D y 3D, *EKahau Heatmapp* permite escanear el entorno generando una gráfica de índice de cobertura WLAN en escala de colores; *TamoGraph* simula el comportamiento de RF sobre planimetría para generar una visión objetiva del funcionamiento de la red, *Packet tracer* simula la lógica de red y permite generar sobre planos una visión de la infraestructura física de red.

Los resultados realmente hablan por sí solos al ser gráficos ya que representan en escala de colores el comportamiento de la red con relación a la distancia y el entorno, se obtuvo cobertura con valores similares de niveles de intensidad en la recepción mostrados por las herramientas de simulación, el comportamiento de propagación de ondas RF es bastante similar al mostrado por la herramienta *Tamo Graph Site Survey* que predice el comportamiento y caracteriza las propiedades de los materiales del entorno mostrando en escala de colores los niveles de intensidad en la recepción o RSSI y bastante similares a los resultados obtenidos de la prueba piloto realizada dentro de las etapas iniciales del presente proyecto.

Las zonas de cobertura de cada AP o WR posterior a la implementación tomada con el software *EKahau Heatmapp* para escaneo de entornos y redes inalámbricas pueden ser confrontadas con las imágenes de resultados de simulaciones realizadas al inicio del proyecto con software predictivo *Tamo Graph Site Survey* para simulación de entornos, propagación de RF y estudios pasivos de diseño WLAN

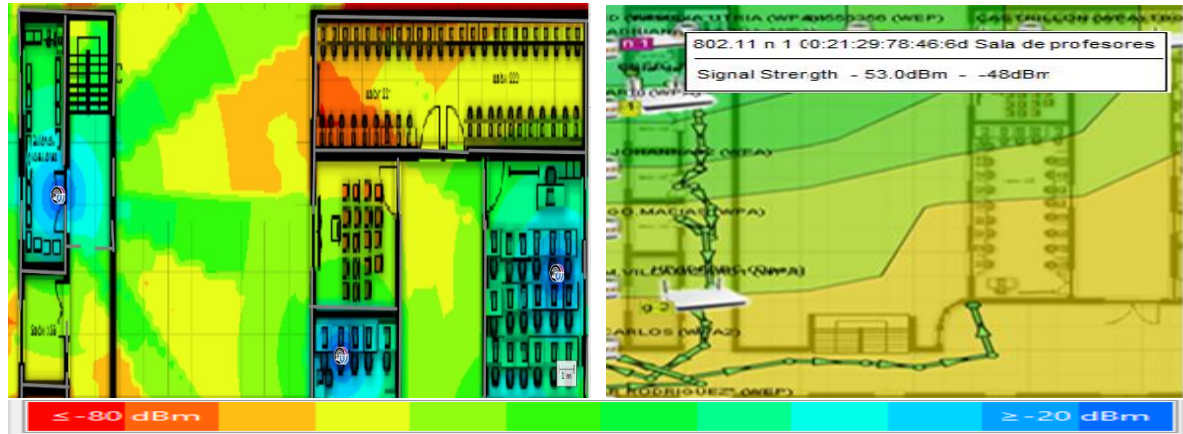
Se realizó además una encuesta de satisfacción del usuario a un número de 60 usuarios entre estudiantes, administrativos y docentes del colegio mientras conectados a la WLAN en las diferentes zonas como salas de informática, tecnología y pasillos evaluaban su experiencia. Los resultados de mencionada encuesta pueden verse en el ANEXO B.

4.3.1 BSA Sala de profesores, confrontación simulación vs implementación.

Al realizar la simulación del AP sala de profesores en etapas iniciales de diseño pudo verse que el área de cobertura implica además del interior de la sala, parte parcial de los pasillos, patio 1, inclusive el salón de audiovisuales como muestra la figura 57 a, mientras la figura 57 b muestra el escaneo hecho posterior a la implementación de la red dejando ver igualmente el BSA resultante que

comprende además de la sala un área considerable hacia el interior del colegio como pasillos, patio 1, audiovisuales e inclusive las salas de informática.

Figura 58. Sala de profesores, confrontación de resultados

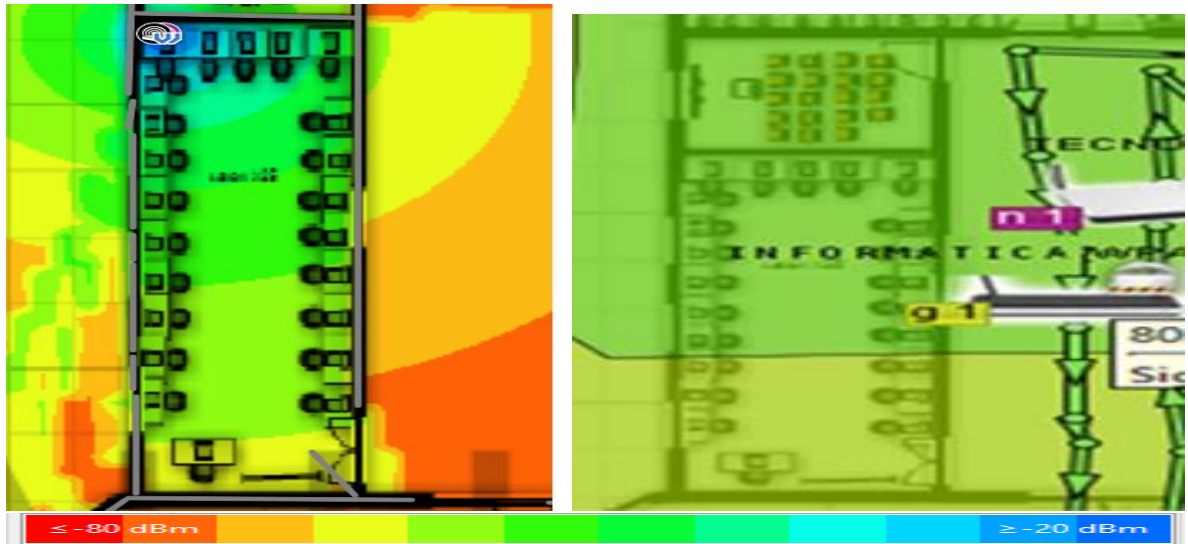


a. Simulación

b. Implementación

4.3.2 BSA informática1, confrontación simulación vs implementación. Al realizar la simulación del AP informática 1 en etapas iniciales de diseño pudo verse que el área de cobertura implica además del interior de la sala de informática 1 como muestra la figura 58a, pasillo del bloque central, audiovisuales, inclusive la sala de tecnología según la figura 58 anteriormente vista; la figura 58b muestra el escaneo hecho posterior a la implementación de la red dejando ver igualmente el BSA resultante que comprende además de la sala de informática 1 un área considerable en zonas como pasillo, audiovisuales e inclusive la sala de tecnología.

Figura 59. Informática 1, confrontación de resultados

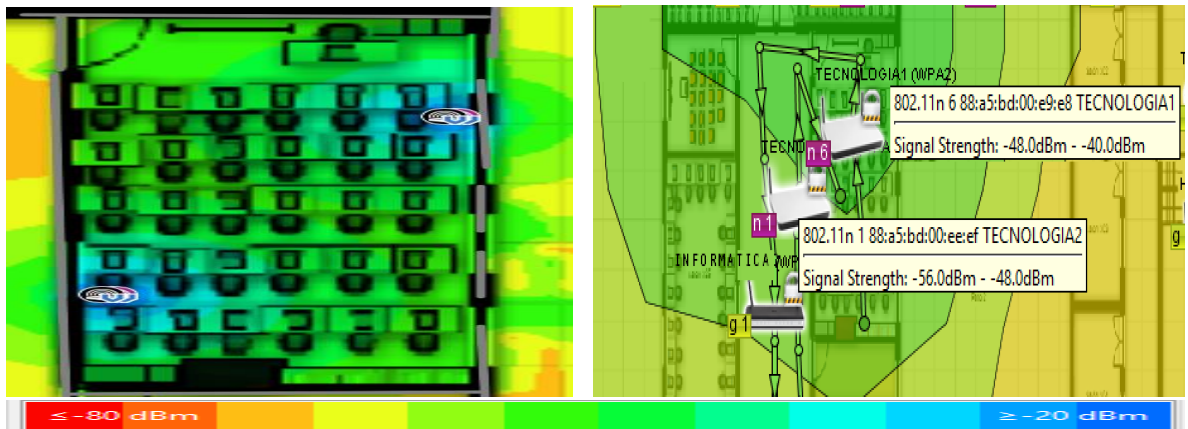


a. Simulación

b. implementación

4.3.3 BSAs aula de tecnología, confrontación simulación vs implementación. En el aula de tecnología se simuló la ubicación de 2 AP cada uno para 15 host como muestra la figura 59 (a) ofreciendo altos niveles de intensidad de señal en la recepción al tratarse de distancias no mayores a 10mt del AP, la figura 59 (b) muestra el escaneo hecho en el interior de la sala un nivel de $-40 < \text{RSSI} < -56$ para establecer conexiones inalámbricas fiables.

Figura 60. Aula de tecnología, confrontación de resultados

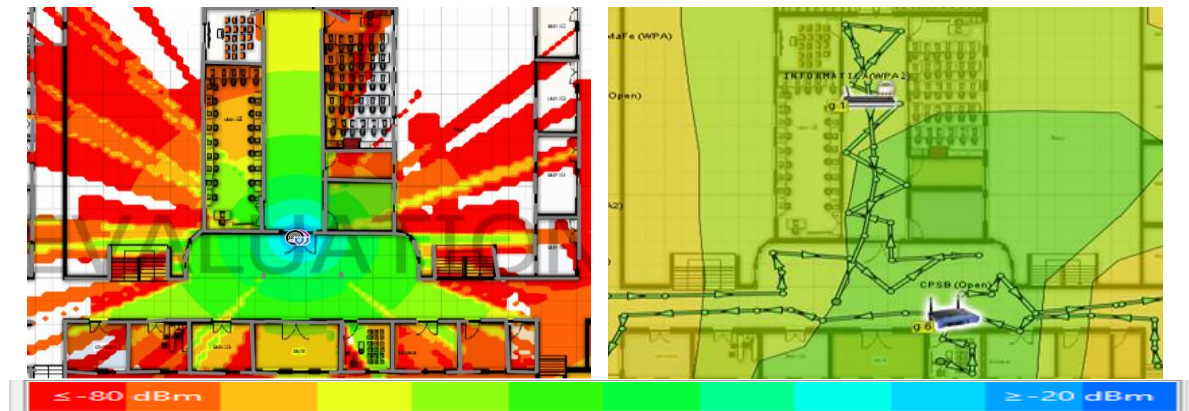


a. Simulación

b. implementación

4.3.4 BSA pasillos piso 2, confrontación simulación vs implementación. El resultado de simulación deja ver claramente el área de cobertura de este AP considerando el bloque central del edificio y la escala de colores de RSSI en la figura 60 (a) mientras la figura 60(b) es prueba de ello y confirma el área de cobertura con el resultado arrojado por el escaneo de la red al mostrar sobre planos unos niveles aceptables en la recepción de señal RF según las pruebas de operación y la tabla 31.

Figura 61. Sala de espera y pasillos piso 2, confrontación de resultados

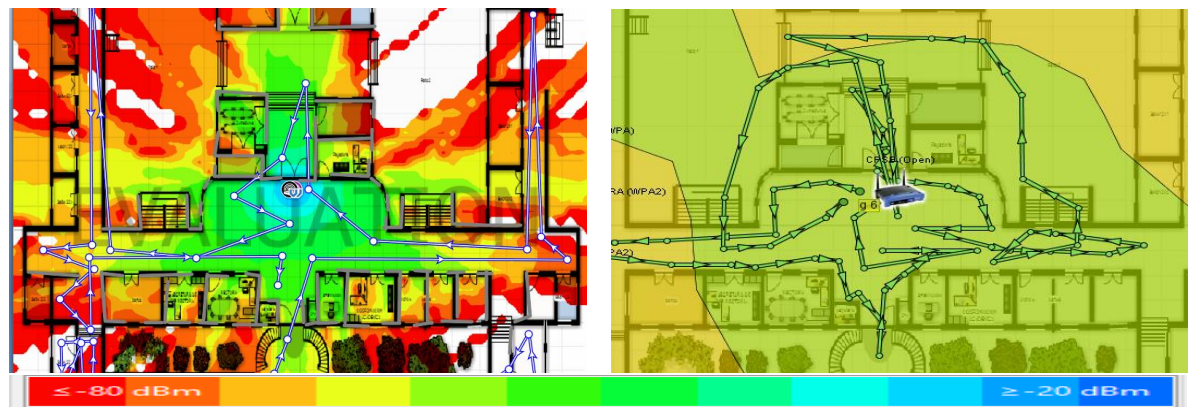


a. Simulación

b. implementación

4.3.5 BSA pasillos piso 1, confrontación simulación vs implementación

Figura 62. Sala de espera y pasillos piso 2, confrontación de resultados



53. a Simulación

53.b Implementación

Autoría propia

Realmente las gráficas hablan por sí solas ya que el esquema de colores muestra los niveles de recepción de colores de fríos a cálidos, podría decirse en función de

la distancia de recepción y al AP según el comportamiento de propagación RF en el entorno.

Las herramientas software de simulación utilizadas en este caso hacen honor a su nombre y función generando resultados bastante similares a la realidad según la toma de datos hecha con el escáner *Heat Mapper* y las pruebas de operación realizadas, durante las cuales se tomó la RSSI con *inSSIDer* mientras se recorrían las instalaciones del colegio para determinar el nivel de umbral en la recepción RF en función de la distancia y atenuaciones por propagación en espacio libre.

4.4 ANÁLISIS DE COSTOS

El presupuesto del proyecto se vio bastante reducido al no contemplar los costes de equipos de re-infra estructuración de red cableada del CPSB como propuesta ideal al iniciar el desarrollo del presente proyecto, la tabla a continuación presenta los gastos de equipos considerando además los gastos directos de mano de obra y demás en cada una de las respectivas secciones.

Tabla 32. Costos de implementación WLAN

item	descripcion	unidad	cantidad	valor
1	WR QP-COM 802.11n 300Mbps 1 ant externa	80000	3	240.000,0
2	AP LINKSYS Antenas internas	50000	3	150.000,0
3	1 rollo de utp 300mt cat 5e	190000	x1	190.000,0
4	conectores rj45 bolsa 25 unidades	15000	1	15.000,0
5	canaleta de 1cm 100mt(tramox2m)	4000	50	200.000,0
6	canaleta de 4cm 20mt (tramox2)	6500	10	65.000,0
7	extension electrica	3000/m	20	60.000,0
8	Sub-total materiales			920.000,0
9	imprevistos			450.000,0
10	mano de obra 8H/hombre(1dia)	120.000	10 dias/2Hombres	1.200.000,0
11	Alquiler de herramientas de mano kit1persona/dia	25.000	5	125.000,0
	servicios			1.775.000,0
	total			2.695.000,0

Autoría propia

Considerando además los costos referentes a la administración, operación y soporte de la red en la tabla 33 a continuación, se asume que el administrador de la red tiene un salario mínimo legal vigente a la fecha de realización del proyecto, se realiza con el fin de tener una idea de los gastos adicionales que acarrearán la implementación de la red, implica considerar que el colegio debe contar con un administrador de red y realizará mantenimientos periódicos de tipo preventivo y/o

correctivo a la infraestructura de red de manera que se garantice su buen funcionamiento.

Tabla 33. Presupuesto administración soporte y mantenimiento de red

SERVICIO	ANUAL
ADMINISTRACION	\$7.800.000
MANTENIMIENTO	\$800.000
SOPORTE	\$1.041.216
	\$9.641.216

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Puesta en marcha la red, terminadas las pruebas previas de operación y habiendo hecho la toma de datos y confrontación entre resultados de simulaciones hechas con herramientas software y pruebas de campo la red opera dentro de lo diseñado, los estudiantes pueden acceder a internet desde sus dispositivos móviles en determinadas zonas en las instalaciones del colegio manteniendo la conexión mientras recorre los pasillos del primer y segundo piso.

Figura 63. Usuarios de la WLAN CPSB, pasillos piso 1 y 2



La sala de informatica 1, tecnologias y audiovisuales tienen acceso a internet con fines academicos pudiendo hacer uso de los equipos dispuestos como computadores para educar.

Figura 64. Usuarios de la WLAN CPSB, aulas de tecnología, audiovisuales e informática



Autoría propia

En la sala docente los profesores pueden acceder a internet desde sus equipos portátiles y teléfonos inteligentes de uso personal.

Figura 65. Usuarios de la WLAN CPSB, sala docente



Autoría propia

5.1 CONCLUSIONES

Desde la aparición del *IEEE802.11WLAN* el acceso a internet está cada vez más cerca en nuestro rutinario vivir, en el hogar, el colegio, la universidad, esto hablando solo de entornos educativos, facilitando el acceso a la información a través de internet sin cables que con el surgimiento de grupos de trabajo y alianzas dedicadas al desarrollo de estos estándares vienen apareciendo rápidamente nuevas variantes cada vez mejores, ofreciendo velocidades de transmisión y rangos más altos incentivando el consumo masivo de dispositivos certificados *Wi-Fi* como medio de acceso a la red y el aumento de implementaciones *WLAN*, encontrando el estándar *IEEE 802.11WLAN* como líder de comunicaciones dentro de la pila de estándares referentes a comunicaciones *wireless*.

La implementación de redes inalámbricas *WLAN* empresariales no debe verse como la incursión o adición arbitraria de dispositivos de red con capacidad de operación inalámbrica, ni la extensión de la red cableada existente sino como una infraestructura robusta de red a la que debe prestarse especial atención en aras de un despliegue exitoso, debiendo seguir un plan; Diferentes metodologías de implementación y herramientas software existente se pueden aplicar para el desarrollo o despliegue de redes inalámbricas de área local, inclusive guías de referencia y casos de estudio que indican el orden y las actividades a seguir para culminar el proceso con éxito.

La utilización de herramientas de tipo software para el análisis de entornos y diseño de redes inalámbricas de área local es indispensable dentro de despliegues de alta complejidad ya que reducen los tiempos de acción agilizando tareas de campo, generando visiones objetivas con certeza, que predicen el funcionamiento o permiten visualizar el producto final.

El presente trabajo de grado realizado como labor de tipo social fue una experiencia enriquecedora al contribuir al fortalecimiento de mis conocimientos y hacer un aporte a la educación pública posibilitando la incursión de TIC dentro de procesos de formación académica en el aula de clases del colegio Centro piloto Simón Bolívar además que me impulso a pasar de lo teórico a lo práctico esta vez fuera del laboratorio, dentro de lo real.

Implementada la *WLAN* esta ópera dentro de lo diseñado a satisfacción del cliente se tiene acceso a internet en aquellos sitios donde anteriormente no lo hubo para accesos académico como las aulas de informática, tecnología, audiovisuales e inglés, la comunidad estudiantil del colegio en general mostro satisfacción frente al nivel operativo de la red, los tiempos de respuesta, disponibilidad, rango o cobertura y capacidad.

5.2 RECOMENDACIONES

BYODteca es una propuesta con el fin de generar un espacio en la antigua biblioteca (hoy cerrada) para que los estudiantes puedan acceder a la información única y exclusivamente de tipo académico a través de la red inalámbrica, pensado además para aquellos estudiantes que no cuentan con servicio de acceso a internet en sus hogares y poseen dispositivo móvil *Wi-Fi*, pudiendo inclusive generar la posibilidad de crear grupos de trabajo académico colaborativo en red para aquellos estudiantes que por motivos como la distancia y el tiempo de desplazamiento no pueden reunirse para realizar sus actividades académicas grupales.

El sitio contará con tomas de corriente regulada a disponibilidad para carga de baterías de equipos, el estudiante únicamente deberá contar con dispositivo móvil para acceso *Wi-Fi*.

Con base al presente proyecto considerar la implementación progresiva o por fases del diseño inicial de red creado como una infraestructura robusta del tipo empresarial estimada como requerida por la institución y así optimizar recursos, reducir los costos de mantenimiento, operación y soporte a una sola red además de adquirir equipos de red que puede administrar según sus necesidades.

Optimizar el diseño con la aplicación de protocolos de enrutamiento y técnicas de conmutación y enrutamiento avanzadas como STP, agregación de canales, OSPF, IGRP, RIP2 entre otras como la inclusión de dispositivos controladores que optimización el rendimiento y centralizan la administración de la red.

Hacer una revisión a los planes de internet conservados debido a la antigüedad ya que la aparición de nuevos planes podrá reducir aún más el costo del servicio pudiendo obtenerse beneficios frente a los gastos referentes a soporte de operación de las redes actuales o migrar a un nuevo ISP.

El hecho de adquirir un nuevo canal para el servicio de acceso de internet con un nuevo proveedor y tecnología es un primer paso hacia la migración a una nueva infraestructura de red, sí la tecnología de acceso a internet del nuevo canal es HFC o híbrido fibra coaxial este ofrece mayores velocidades de transmisión y posibilidades de ampliación del ancho de banda que la tecnología ADSL y con precios mucho más bajos como consideración técnica de cara a la total migración a una nueva infraestructura de red

BIBLIOGRAFIA

Apollo Group. Apollo Group builds Cisco Borderless Network to deliver high-performance wireless and media services for hundreds of U.S. classrooms. En: National Higher Learning Institution Builds Campuses of the Future. Cisco Borderless Network Case Study.2011.Formato pdf.

6,9 ARIGANELLO Ernesto y BARRIENTOS Enrique. REDES CISCO CCNP A FONDO guía de estudio para profesionales. Alfa y omega grupo editor. México DF 2010. P.479-495

26 Aruba networks. En: Indoor 802.11n Site Survey and Planning Version 1.0. Disponible desde internet en http://www.arubanetworks.com/wp-content/uploads/Indoor80211n_2012-05-31.pdf

21 BARBIER, JOEL et al. BYOD y virtualización. Las 10 ideas principales del estudio Cisco IBSG Horizons 2012, Informe sobre la encuesta. Disponible desde internet en: http://www.cisco.com/web/LA/ofertas/trabajo_sin_fronteras/pdfs/byod_top_10_insights.pdf

15 Bolinger Chris y Sheerer Natalie, The benefits, challenges of implementing Wi-Fi for medical device connectivity. Disponible desde internet en <http://searchhealthit.techtarget.com/healthitexchange/CommunityBlog/the-benefits-challenges-of-implementing-wi-fi-for-medical-device-connectivity/>

8 CARDAMA et al. Consideraciones generales sobre antenas. En: Antenas. Alfa omega grupo editor. Barcelona España 2000, p. 15-25.

2 Cisco system 2009, CCNA exploration 4.switching and routing. Cap 7: Wireless LAN Documento formato pdf. P 587-623 disponible desde internet en: http://www.mediafire.com/download/3lpr2drjucp11tt/ccna3_identifi.es.pdf.

10 CISCO SYSTEM. Beneficios de WLAN. Disponible desde internet en http://www.cisco.com/web/LA/soluciones/la/wireless_lan/index.html

17 CROWE, Dennis .Apollo Group. Apollo Group builds Cisco Borderless Network to deliver high-performance wireless and media services for hundreds of U.S. classrooms. En: National Higher Learning Institution Builds Campuses of the Future. Cisco Borderless Network Case Study.2011.Formato pdf.

Disponible desde internet en:
http://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/wireless/aironet-1250-series/case_study_c36-658655.pdf

11 Davis Felner, Kelly. Vice Presidente de Marketing de Wi-Fi Alliance disponible desde internet en: http://www.today.mcombs.utexas.edu/2014/04/kelly-davis-felner-wi-fi?utm_campaign=Engagement&utm_medium=social&utm_source=twitter

13 Figueroa Edgar. Presidente y director ejecutivo de Wi-Fi Alliance. Disponible desde internet en <http://www.wi-fi.org/news-events/newsroom/wi-fi-connectivity-increases-purchase-likelihood-for-smart-home-devices>

20 Hratko Steve. Ruckus Wireless. En: Hotspot 2.0 Moves Out. Disponible desde internet en <http://www.dailywireless.org/2013/11/18/hotspot-2-0-moves-out/>

24 <http://www.arubanetworks.com/>

23 <http://www.computadoresparaeducar.gov.co/>

4 IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications p. 44

5 IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications p.50

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. Normas colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Sexta actualización. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS. NTC 5613, Para la presentación de Referencias bibliográficas contenido, forma y estructura. Santafé de Bogotá D.C.: ICONTEC, 2008

Florwick, Jim et al, Wireless LAN Design Guide for High Density Client Environments in Higher Education. Cisco and/or its affiliates. November, 2013. Formato pdf.

12, 22 Phanse, Kaustubh. A New Standard, Higher Speeds. En: The Future of Enterprise WLAN in 2013 and Beyond. Disponible desde internet en: <http://blog.airtightnetworks.com/the-future-of-enterprise-wlan-in-2013-and-beyond/>

3 PRASAD, Neeli. 802.11 WLANs and IP Networking: Security, QoS, and Mobility. Artech House, p 24 disponible desde internet en: <http://site.ebrary.com/id/10081985?ppg=24>

7 Prasad, Neeli. 802.11 WLANs and IP Networking: Security, QoS, and Mobility: Artech House, p 25 disponible desde internet en: <http://site.ebrary.com/id/10081985?ppg=25>

11 Rackley, Steve. Wireless Networking Technology: From Principles to Successful Implementation: Newnes,. p 186,187.Disponible desde internet en <http://site.ebrary.com/id/10166950?ppg=186>

14 Redacción económica. Municipios de Santander tendrán 80 puntos wifi.En:Vanguardia.com. Lunes 09 de Diciembre de 2013.disponible desde internet en: <http://www.vanguardia.com/economia/local/237382-municipios-de-santander-tendran-80-puntos-wifi>

1 Wi-Fi Alliance. Wi-Fi en las escuelas, disponible desde internet en: <http://www.wi-fi.org/wi-fi-your-life/wi-fi-schools>

16 Wi-Fi Alliance .Descubre Wi-Fi. Cuidado de la salud .Wi-Fi conecta a proveedores con los pacientes a través de una variedad de entorno. Disponible desde internet en: <http://www.wi-fi.org/discover-wi-fi/healthcare>

18 Wi-Fi Alliance. Discover Wi-Fi. Disponible en internet desde: www.wi-fi.org/discover-wi-fi

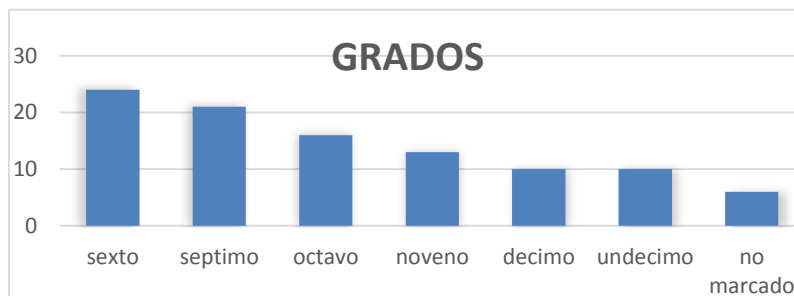
10 Wikipedia. Wi-Fi Direct. Comercialización .Disponible en internet desde http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Direct.

ANEXO A. ENCUESTA DE REQUERIMIENTOS WLAN, TABULACIÓN DE RESULTADOS

Encuesta realizada a un numero de 100 estudiantes del colegio Centro Piloto Simón Bolívar escogidos al azar de manera previa a la implementación de la WLAN en las instalaciones del colegio, se realizó con el fin de determinar el nivel de requerimientos de usuario de la comunidad académica en general y establecer puntos de referencia de cara a la satisfacción de los requerimientos establecidos a partir de los resultados arrojados por la encuesta en la etapa inicial del proyecto, cuestionando acerca de las zonas de relevancia frente a la cobertura Wi-Fi, los servicios y necesidades. A continuación se presentan gráficamente los resultados de la encuesta.

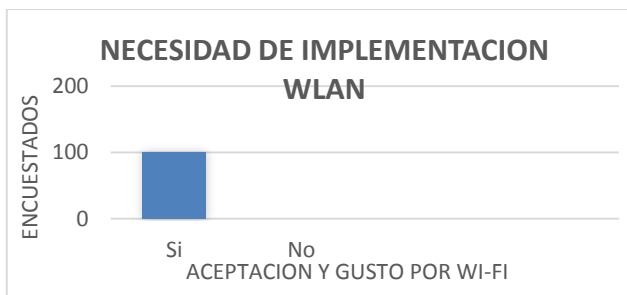
A.1 Grado o nivel académico de los encuestados

Ilustración 1. Resultados de encuesta



A.2 En cuanto al interés de los estudiantes en general frente a la implementación de la red inalámbrica institucional es absoluto, dejando ver la necesidad de implementación de la red en las instalaciones del CPSB.

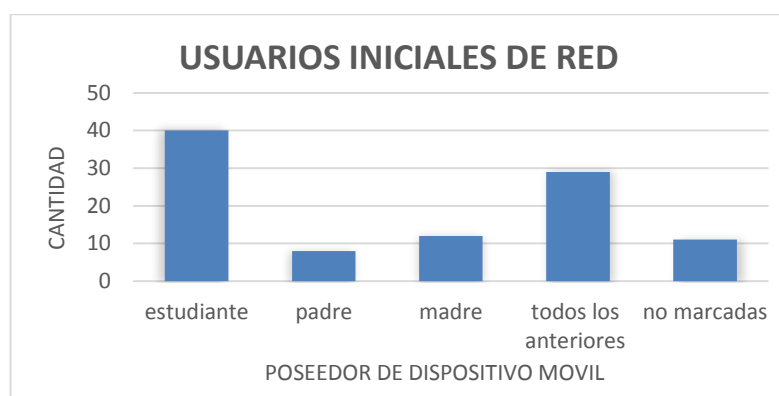
Ilustración 2. Resultados de encuesta



Autoría propia

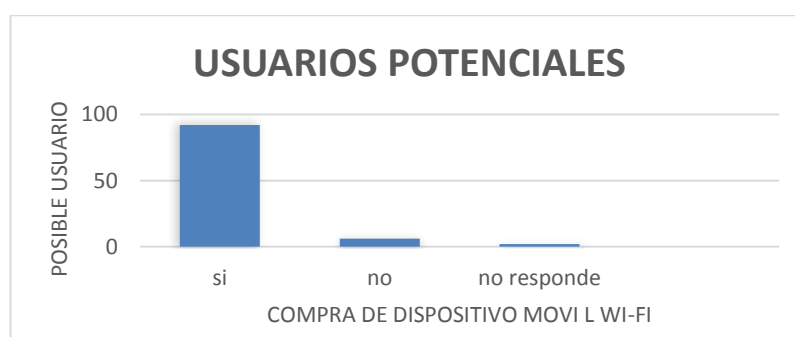
A.3 El número de dispositivos determina el número potencial de usuarios de la red, de manera que se tenga una idea de la cantidad inicial de potenciales usuarios de cara a los requerimientos como la capacidad y disponibilidad de la red. Al preguntar al encuestado acerca de la cantidad de dispositivos móviles en su núcleo familiar como acudientes y asistentes esporádicos al colegio.

Ilustración 3. Resultados de encuesta



A.4 Queriendo estimar el crecimiento inicial de usuarios en red se preguntó al encuestado si compraría un dispositivo móvil con Wi-Fi para hacer uso de este en las instalaciones del colegio y acceder a la red sin cables.

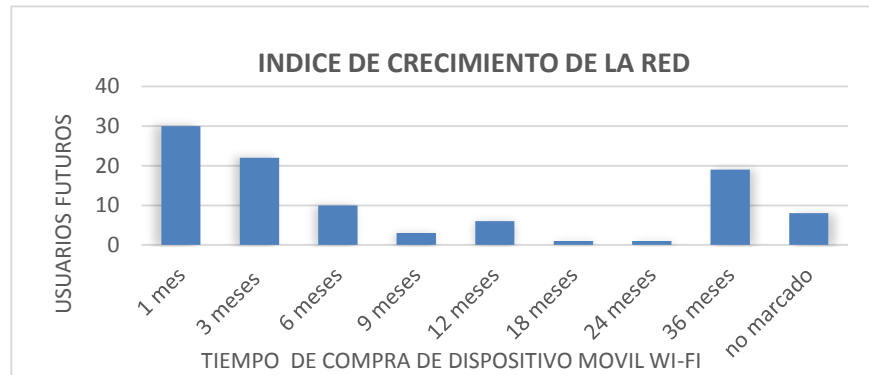
Ilustración 4. Resultados de encuesta



Autoría propia

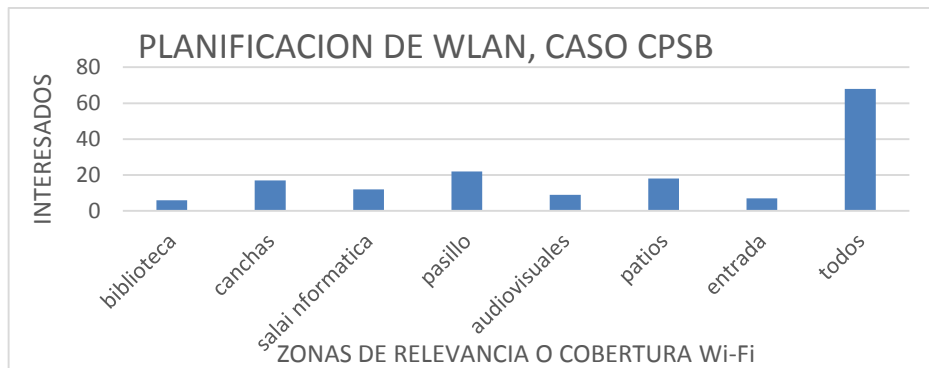
A.5 Queriendo estimar el índice y tiempo de crecimiento de la red se preguntó al encuestado si compraría un dispositivo móvil con Wi-Fi para hacer uso de este en las instalaciones del colegio y en cuanto tiempo.

Ilustración 5. Resultados encuesta



A.6 Determinando las zonas de relevancia o cobertura WLAN en base a los resultados de la pregunta ¿En cuales zonas del colegio le gustaría tener acceso a la red Wi-Fi?

Ilustración 6. Resultados encuesta



A.7 Forma de encuesta empleada para la actividad.

Se realizó una encuesta a la comunidad académica en general para la obtención de requisitos como zonas de relevancia y servicios además de dimensionar el número de usuarios de la red al momento de la implementación y determinar un índice de crecimiento.

Ilustración 7. Formato de encuesta

Noviembre 2013

CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR
ENCUESTA PROYECTO IMPLEMENTACION WIFI INSTITUCIONAL

Grado: 6 7 8 9 10 11 Nombre: _____

1. ¿Del lugar donde vive quien tiene BlackBerry, Smartphone, Tablet, portátil para acceso a internet inalámbrico?

Yo _____ mi padre _____ mi madre _____ todos las anteriores _____

2. ¿Le gustaría que en el colegio se instalara una red wifi para ofrecer acceso a internet desde dispositivos móviles?

Si _____ no _____

¿Porqué? _____

3. Si se instalara la red inalámbrica en el colegio, ¿compraría un dispositivo móvil para acceso a internet como Smartphone, BlackBerry, Tablet, Psp, computador portátil, etc.

Si _____ no _____

Si su respuesta anterior es si, ¿en cuanto tiempo?

a) 1mes b) 3meses c) 6 meses d) 9meses e) 1 año f) 1½años g) 2 años h) 3 años

4. ¿En que zonas o áreas del colegio le gustaría tener acceso a la red wifi ?

A) Biblioteca B) Canchas C) Salón de informática D) Pasillos E) Salón audiovisual. F) Patio G) Hall entrada H) todos

Otros: _____

5. _____

[Firma]

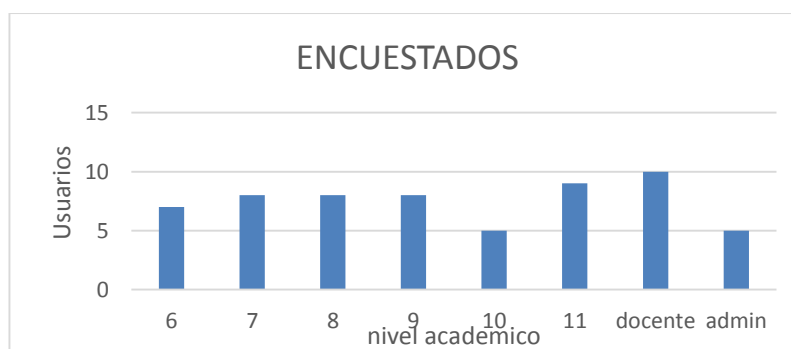
ANEXO B. ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL USUARIO, TABULACIÓN DE RESULTADOS

Encuesta realizada a un número de 60 estudiantes del colegio Centro Piloto Simón Bolívar escogidos al azar después de implementada la WLAN en las instalaciones del colegio y llevar un par de días operando, se realizó con el fin de determinar el nivel de satisfacción de la comunidad académica en general y medir el cumplimiento o satisfacción de requerimientos establecidos en la etapa inicial del proyecto, cuestionando las velocidades, disponibilidad, cobertura, servicios.

A continuación se presentan gráficamente los resultados de la encuesta.

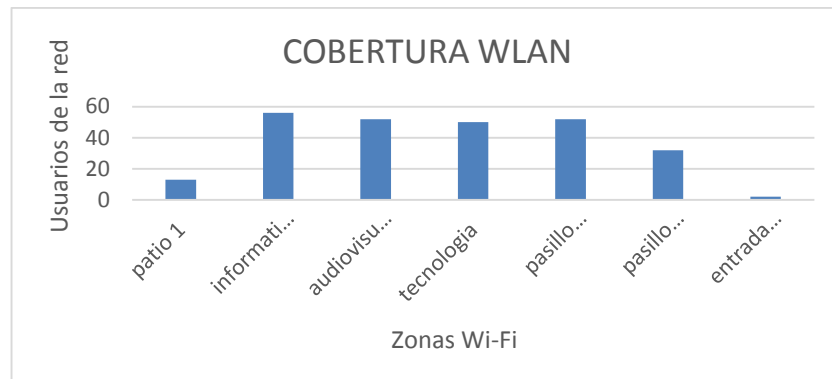
B.1 El grado o nivel académico de los encuestados se tuvo en cuenta para determinar la cantidad de usuarios y el número de usuarios por grado además teniendo en cuenta aquellos estudiantes que terminan y apenas inician su etapa de vida escolar.

Ilustración 1. Resultados encuesta de satisfacción



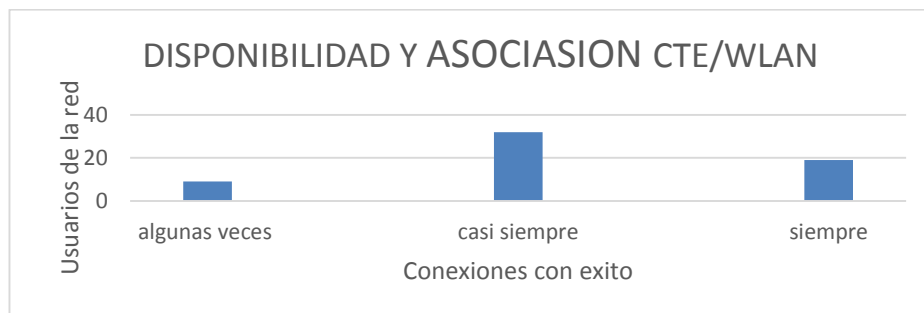
B.2 Frente a la pregunta en cuales de las siguientes zonas o áreas del colegio encontró cobertura de acceso Wi-Fi los encuestados respondieron.

Ilustración 2. Resultados encuesta de satisfacción



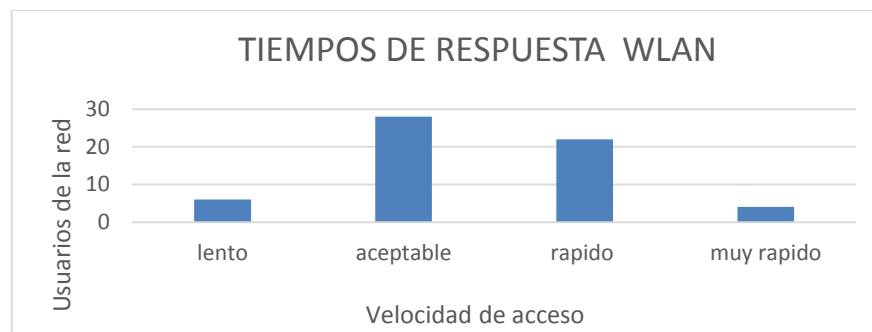
B.3 Teniendo en cuenta la pregunta y su respuesta anterior, responda ¿Según su experiencia cuando intenta conectares a la red puede hacerlo siempre, casi siempre o algunas veces? Para determinar el nivel de disponibilidad de la red.

Ilustración 3. Resultados encuesta de satisfacción



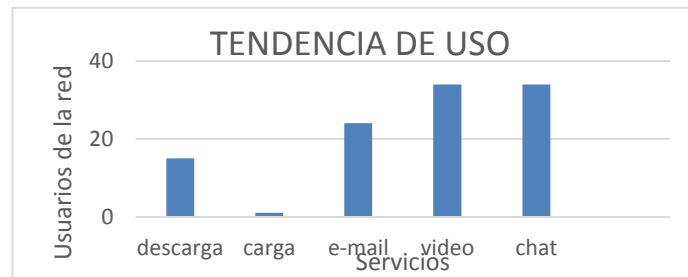
B.4 Se preguntó a los encuestados a cerca de las velocidades de acceso a internet a través de la WLAN institucional con el fin de determinar el estado de satisfacción frente a los tiempos de respuesta.

Ilustración 4. Resultados encuesta de satisfacción



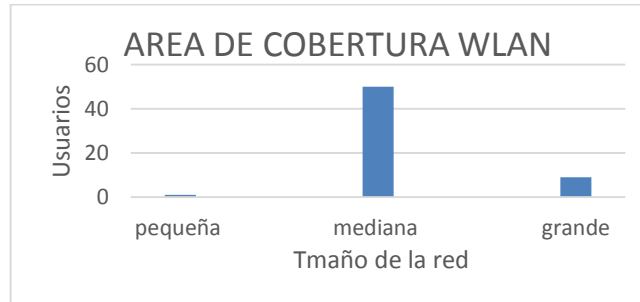
B.5 Los servicios utilizados por los encuestados también fueron objeto de estudio dentro del presente proyecto para determinar los servicios más frecuentemente utilizados por los estudiantes y de esta manera determinar la tendencia de uso de cara al crecimiento de la red o incremento de usuarios en red.

Ilustración 5. Resultados encuesta de satisfacción



B.6 En cuanto al área de cobertura de la WLAN del colegio CPSB se preguntó a los encuestados acerca del tamaño de la red las, las áreas de cobertura o zonas de disponibilidad Wi-Fi.

Ilustración 6. Resultados encuesta de satisfacción



B.7 Formato de encuesta utilizado para la actividad.

Ilustración 1. Formato de encuesta

CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR
ENCUESTA DE SATISFACCION PROYECTO IMPLEMENTACION WIFI INSTITUCIONAL

Grado:	6	7	8	9	10	11	Nombre:
En cuales de las siguientes zonas del colegio ,encontro disponibilidad de acceso WiFi							
patio	pasillos	salon informatica	audiovisuales	entrada col.			tecnologia
De las zonas WIFI según su experiencia ,Puede conectarse con su dispositivo movil							
	algunas veces					casi siempre	siempre
como califica el acceso a internet a traves del WiFi institucional							
	Muy lento	Lento		Aceptable	rapido		muy rapido
como considera el area de cobertura de las zonas WIFI de la red Inalambrica institucional							
	pequeña			mediana			grande
Que servicios utiliza en sus dispositivo movil cuando hace uso del WiFi institucional							
	Descarg carga	E-mail		Video	Datos		chat

Javier Eduardo Sandoval Suárez PFC. Ing. De telecomunicaciones USTA

ANEXO C.RESULTADO DEL ESCANEO Y DIAGNOSTICO INICIAL DE LA RED LOCAL DEL COLEGIO CENTRO PILOTO SIMON BOLIVAR, CON HERRAMINETAS FREEWARE.

Tomografía de las pruebas realizadas al inicio del proyecto para dimensionar la red del colegio Centro Piloto Simón Bolívar, se realizó con el fin de determinar el número de equipos en red y establecer una lógica de conexiones o infraestructura de red.

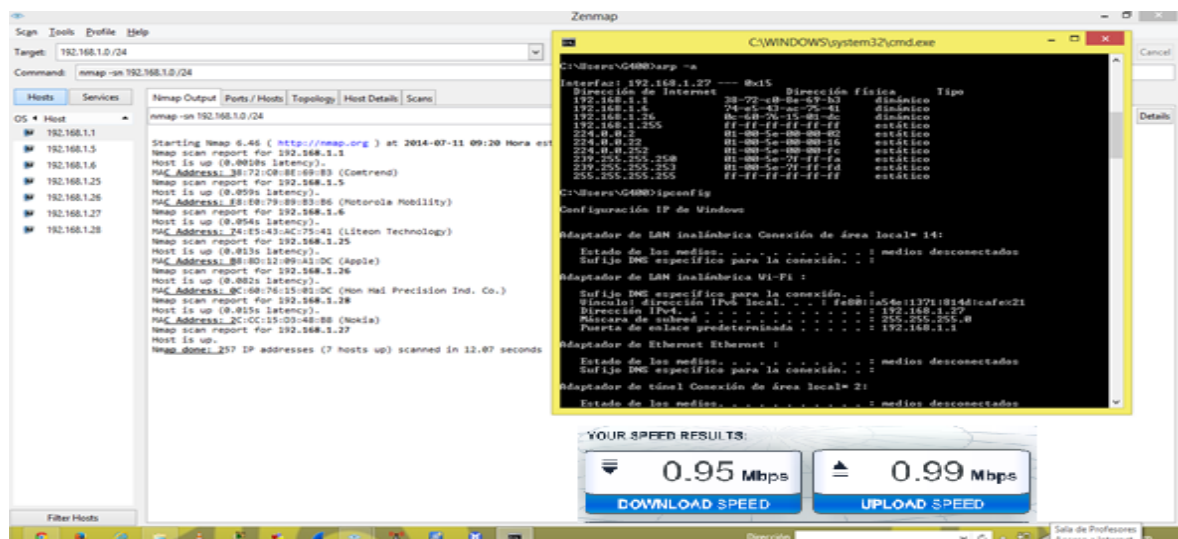
Se utilizó la herramienta software de uso libre *Zen-Map* para realizar la prueba con la herramienta n-map que consiste en escanear la totalidad de la red revelando la cantidad de equipos encontrados al momento de la prueba, complementada con la herramienta y el comando arp-a del Dos de Windows que en base al ARP o protocolo de resolución de direcciones muestra la cantidad de equipos conectados en red.

Se realizó una prueba sencilla de velocidad de carga y descarga para determinar el ancho de banda del canal de internet con la herramienta web *speedtest* *speakeasy*, además se determinó la existencia o no de servidores proxy.

A continuación se presentan gráficamente los resultados de las pruebas.

C.1 RED SALA DE PROFESORES

Ilustración 1. Resultados escaneo de la red sala de profesores

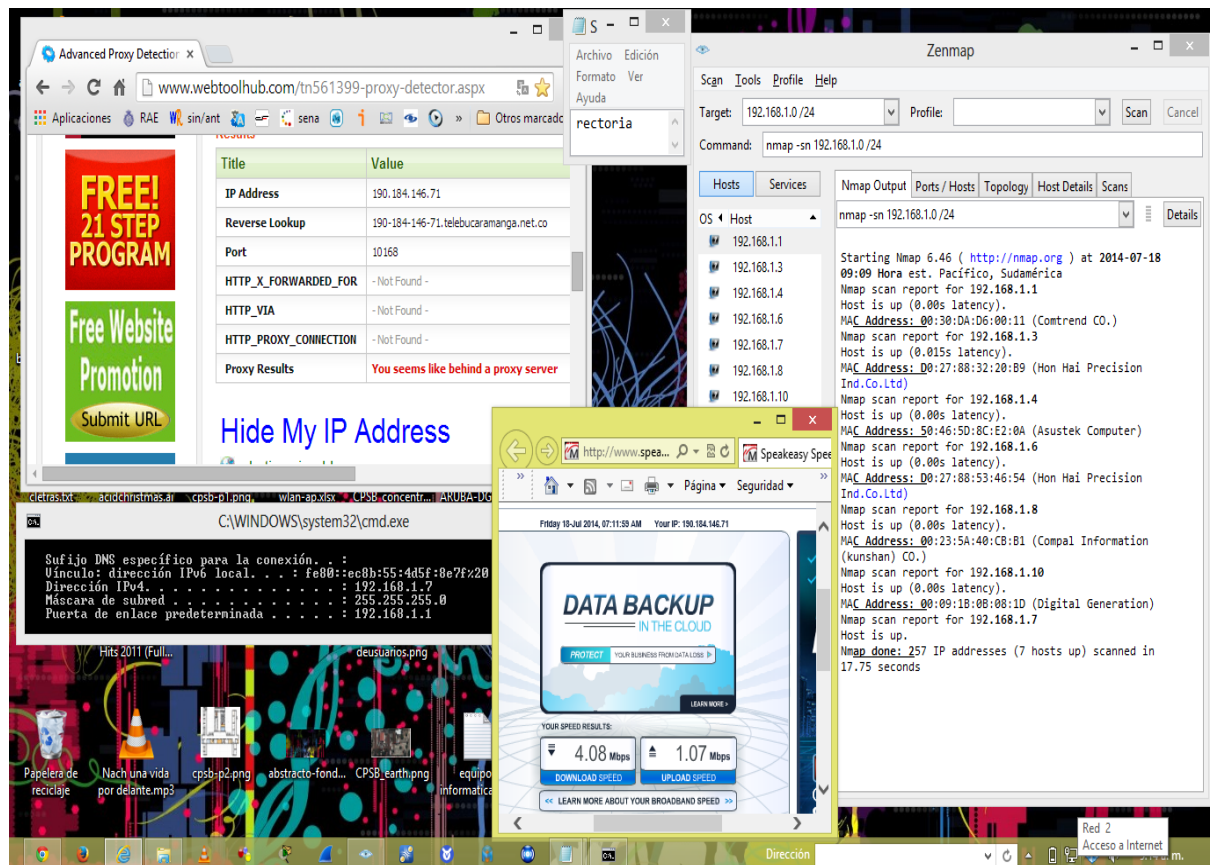


Resultados de pruebas

C.2 RED RECTORIA.

Se escaneo la red llamada rectoría para efectos del presente proyecto teniendo en cuenta que al momento de las pruebas arrojó como nombre red 2 como puede verse en la ilustración 2.

Ilustración 2. Resultados escaneo de la red rectoría



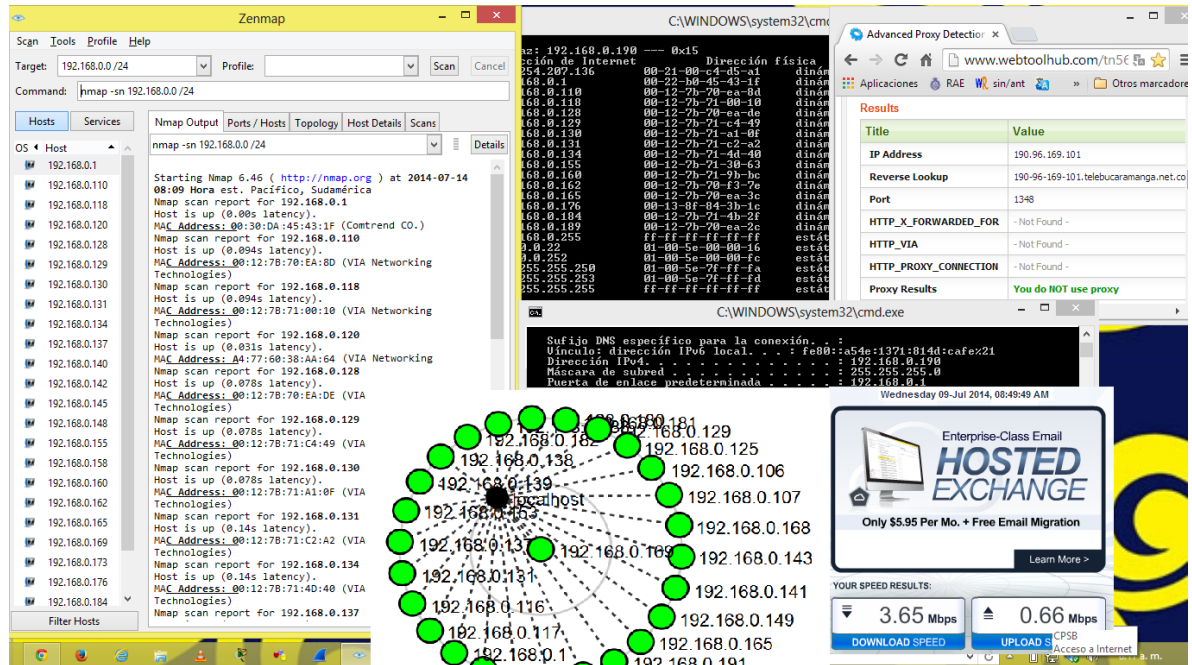
Resultados pruebas

C.3 SALA DE INFORMATICA 1

Debe tenerse en cuenta que para efectos del presente proyecto se denominó la red como informática 1 aun cuando al momento de llegada al realizar el diagnóstico y conectarse al MODEM puede verse la red con el nombre de CPSB.

La ilustración muestra además un esquema de la topología con la totalidad de equipos conectados en red.

Ilustración 3. Resultados escaneo de la red.



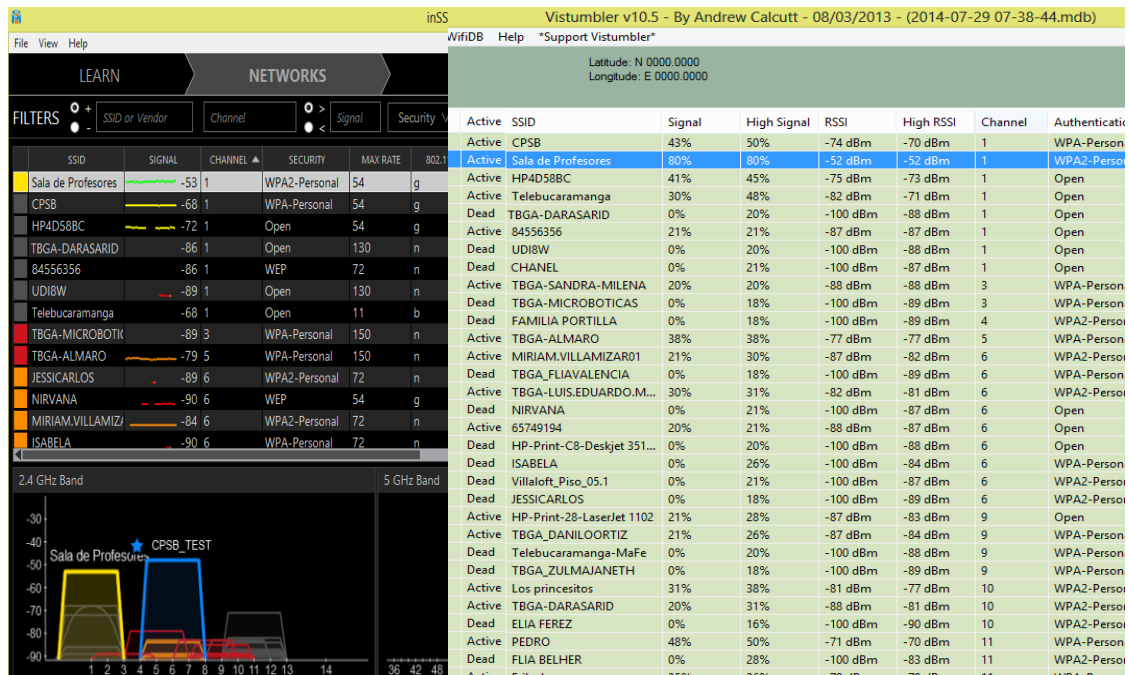
Resultados pruebas

ANEXO D. RESULTADOS, ESCANEADO DE REDES WLAN COEXISTENTES Y TEST PILOTO EN LAS INSTALACIONES DEL COLEGIO CPSB, CON HERRAMINETAS FREEWARE

Se utilizó la herramienta software de uso libre inSSIDer para realizar la prueba que consiste en recorrer las instalaciones del colegio y escanear el área circundante de relevancia en la ubicación tentativa de cada AP de cara a la implementación de la red revelando la cantidad de equipos de red inalámbricos como AP coexistente que radian su señal u onda electromagnética en el entorno y de esta forma las características de las redes WLAN existentes en un espacio común para determinar el sitio de ubicación idóneo de cada AP y los parámetros de configuración, buscando evitar interferencias de tipo Co-canal o de canal adyacente. Esta prueba fue realizada también con la herramienta Vistumbler que igualmente muestra la cantidad de APs o redes WLAN existentes en el entorno pero a diferencia de inSSIDer que resume el resultado con los valores más relevantes muestra el total de redes sin importar la intensidad de fuerza de señal recibida RSSI que no debería afectar el entorno cuando pasa de los -75 dbm. A continuación se presentan gráficamente los resultados de las pruebas en las que se pueden observar la toma de datos hecha con *inSSIDer* y *Vistumbler software* para escaneo de entornos WLAN debe tenerse en cuenta que se emplearon de referencia dos WR con los SSID CPSB y CPSB-TEST

D.1 AP SALA DE PROFESORES

Ilustración 1. Resultados toma de datos en ubicación AP sala de profesores

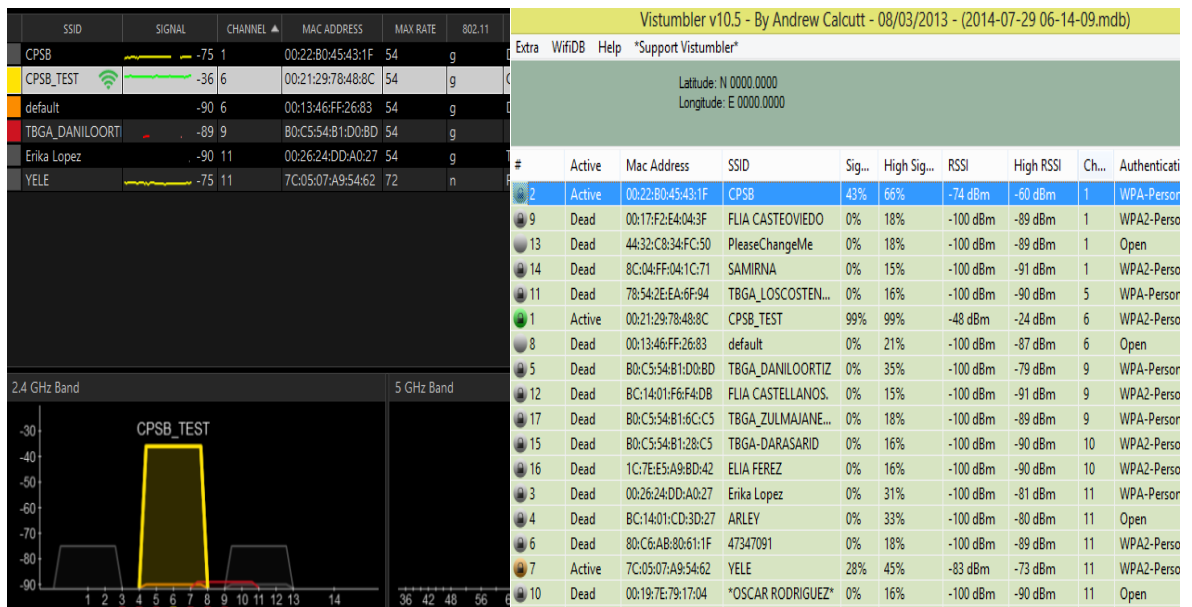


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.2 AP PASILLO STAR PISO 2.

Ilustración 2. Resultados toma de datos en ubicación AP star o pasillo piso 2

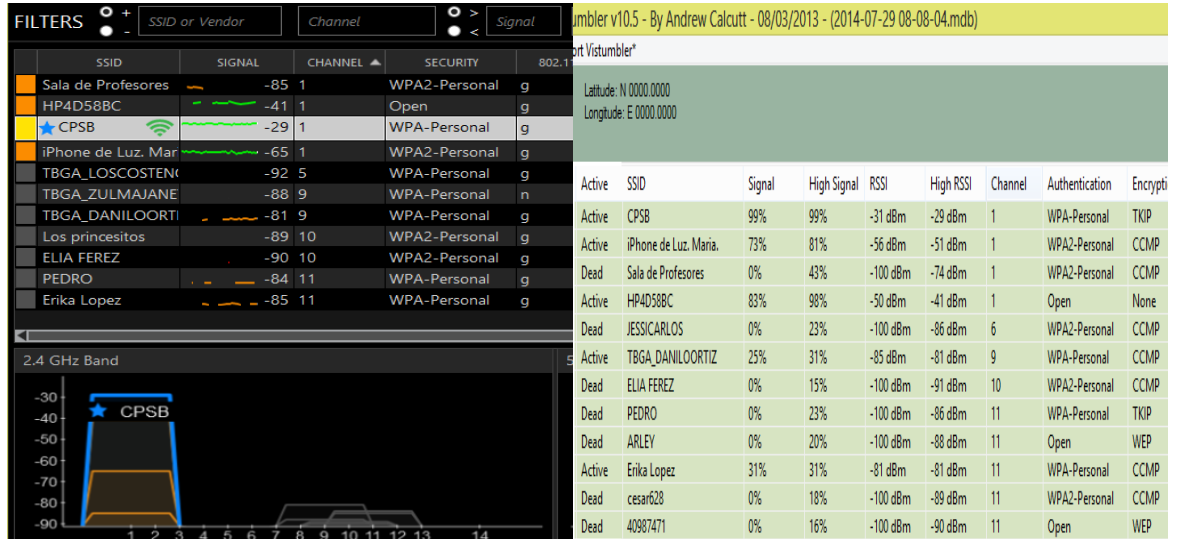


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.3 AP SALA DE INFORMATICA 1

Ilustración 3. Resultados toma de datos en ubicación AP informática 1

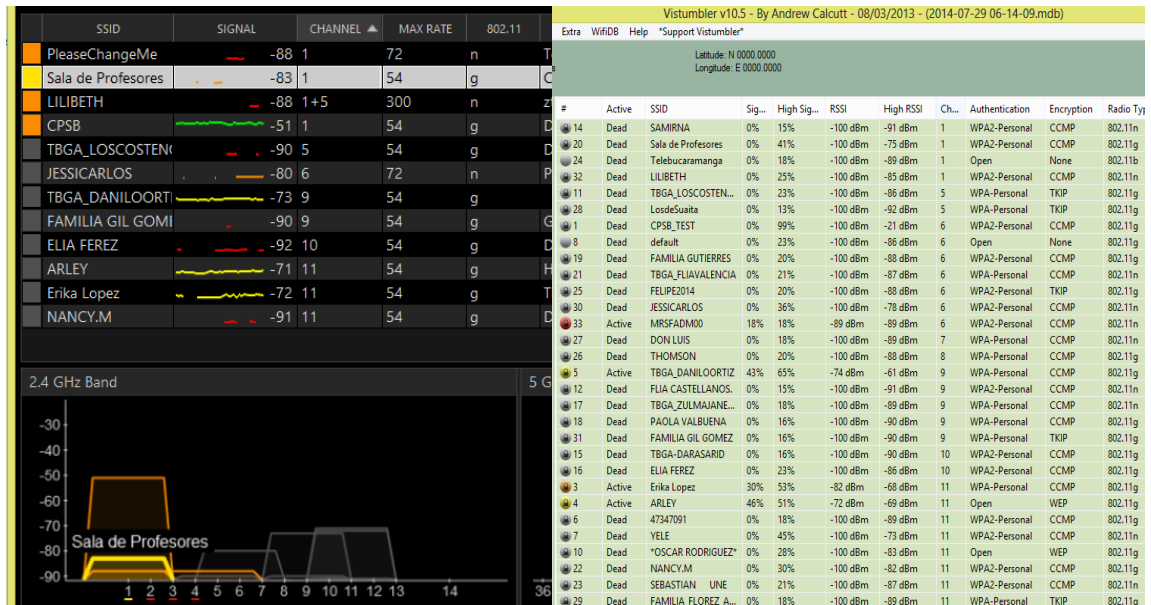


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.4 AP AULA DE TECNOLOGIA

Ilustración 4. Resultados toma de datos en ubicación AP Tecnología

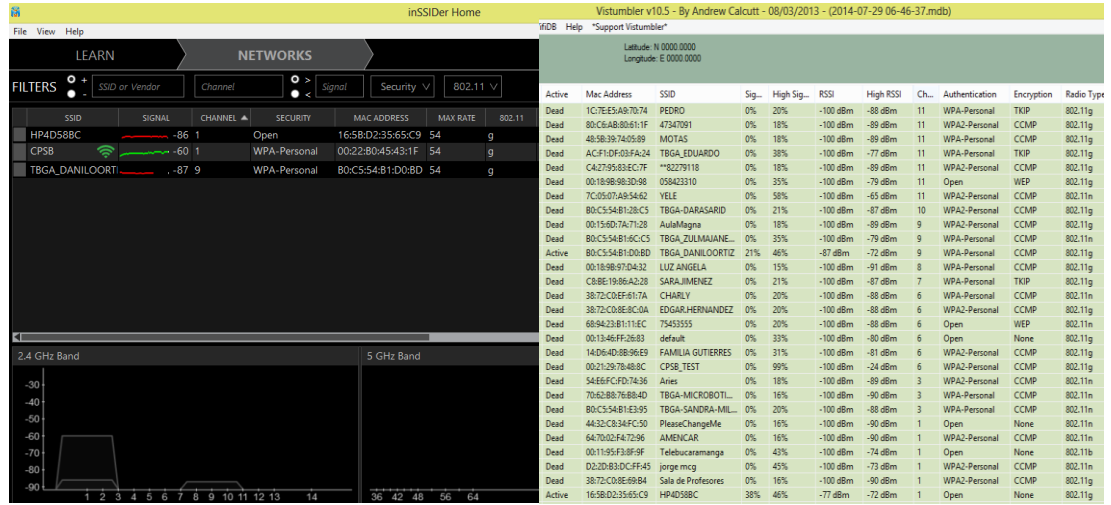


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.5 AP AUDITORIO

Ilustración 5. Resultados toma de datos en ubicación AP AUDITORIO

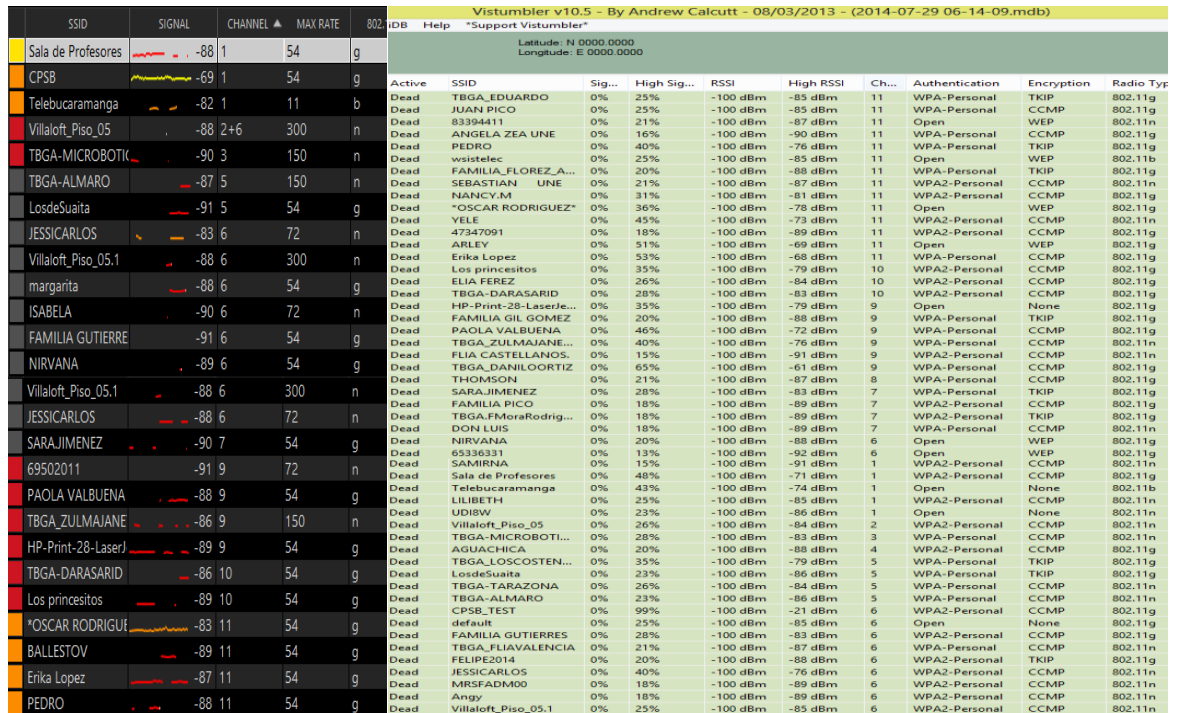


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.6 AP PATIO 1

Ilustración 6. Resultados toma de datos en ubicación AP PATIO 1

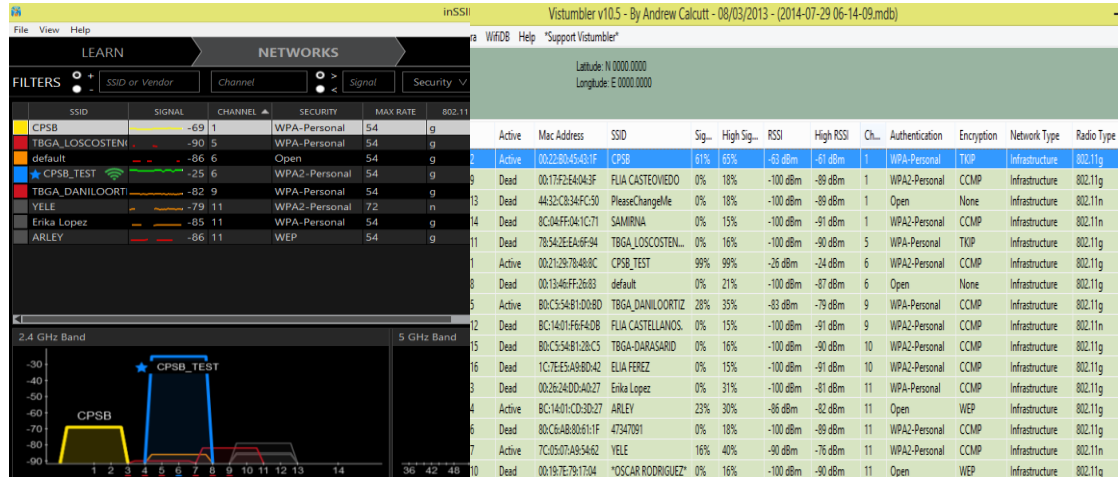


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.7 AP PATIO 2

Ilustración 7. Resultados toma de datos en ubicación AP PATIO 2

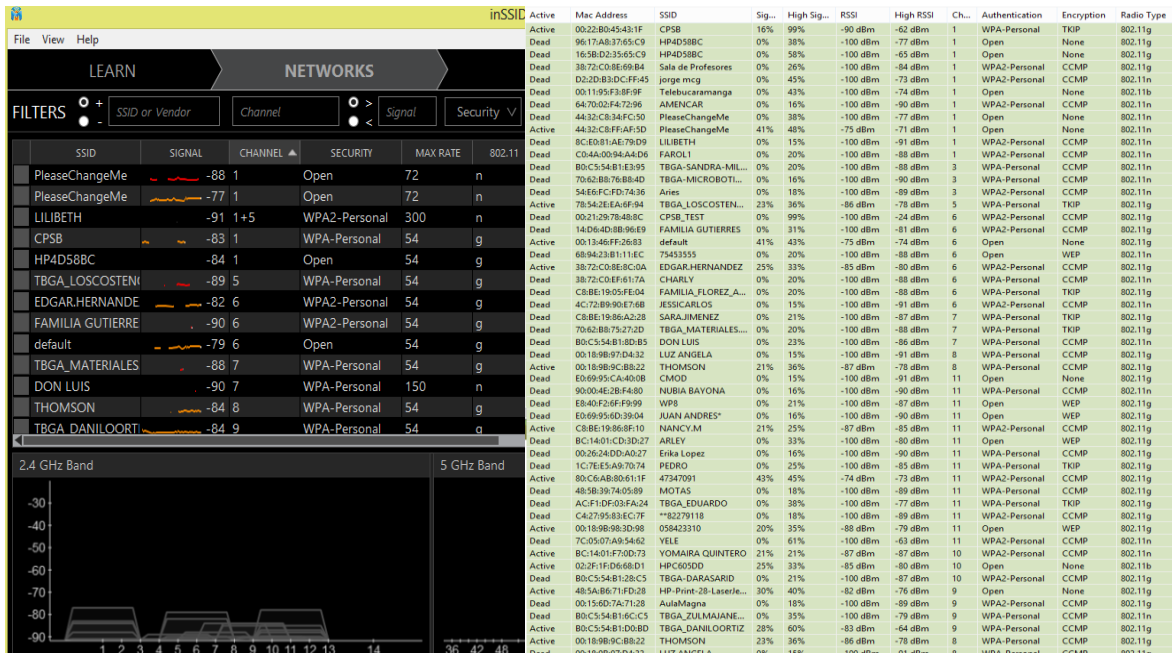


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.8 AP PATIO 3

Ilustración 8. Resultados toma de datos en ubicación AP PATIO 3

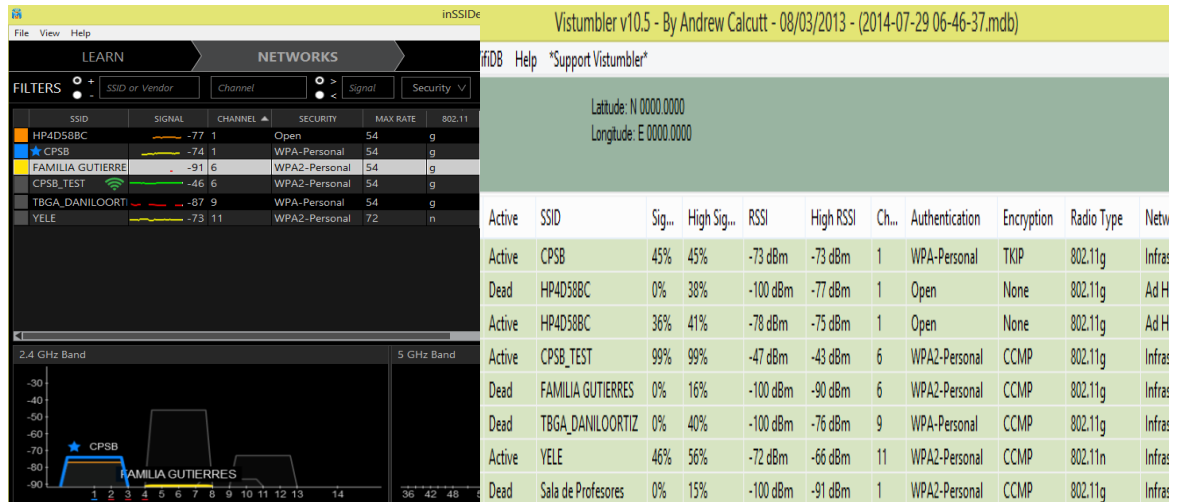


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.9 AP STAR PASILLO PISO 1

Ilustración 9. Resultados toma de datos en ubicación AP PASILLO PISO 1

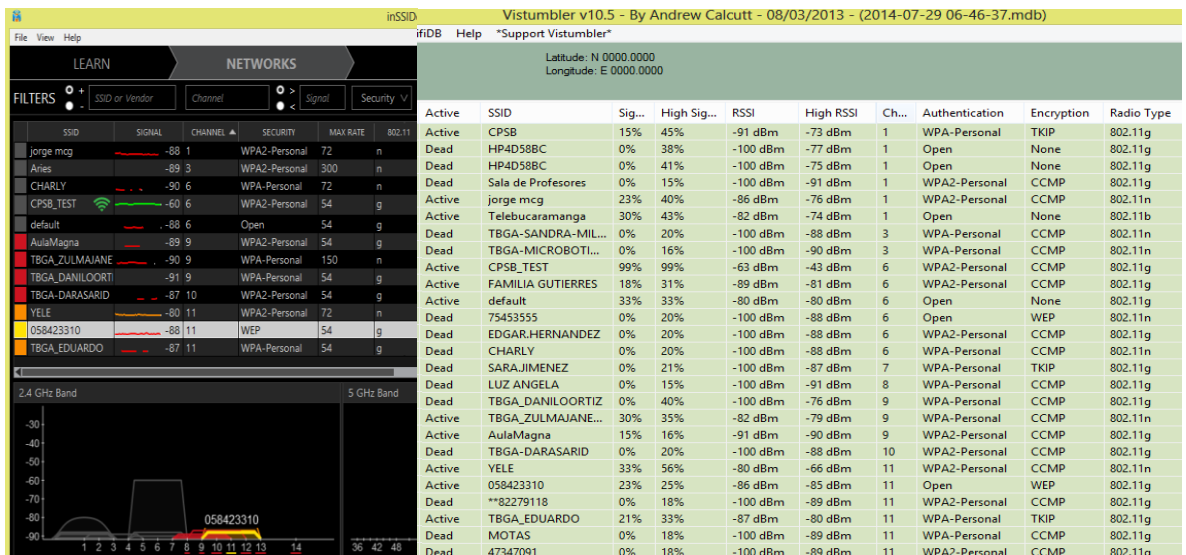


Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler

D.10 AP JARDIN - ENTRADA PRINCIPAL

Ilustración 10. Resultados toma de datos en ubicación AP JARDIN



Resultados inSSIDer

Resultados Vistumbler