

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**IMPLEMENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN CENTRALIZADA DE
LA RED INALÁMBRICA DE LOS EDIFICIOS ROCÍO I Y II DE EP
PETROECUADOR MEDIANTE UN WIRELESS LAN CONTROLLER.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

EDISON JAVIER MOYA GALLARDO
javier_just@hotmail.com

DIRECTOR: ING. FABIO GONZÁLEZ
fabio.gonzalez@epn.edu.ec

Quito, mayo 2013

DECLARACIÓN

Yo, Edison Javier Moya Gallardo declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Edison Javier Moya

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Señor Edison Javier Moya Gallardo, bajo mi supervisión.

Ing. Fabio González G.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMENTOS

A mi Dios Todopoderoso que me ha guiado por el camino del bien y me ha dado salud y vida para seguir adelante.

A mis padres “Jorge y Olga” por todo su esfuerzo para ayudarme en el estudio y nunca dejarme desamparado ante los problemas.

A mis tutores de pasantías Juan Carlos Gualli y Damián Padilla por brindarme las facilidades administrativas y técnicas para la realización de este proyecto en especial a Damián que supo ayudarme a encontrar un tema necesario y funcional para la empresa.

A mi director de proyecto por dedicar tiempo y paciencia para revisar los diferentes capítulos y lograr así la culminación del proyecto.

GRACIAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres porque soy consciente del gran esfuerzo que toda su vida han hecho para darnos el estudio a mí y a mis otros dos hermanos; ustedes han estado en las buenas y en las malas con nosotros es por eso que puedo decir que son los mejores amigos que cualquier hijo podría pedir.

A mis dos sobrinitos "David y Daniel" que me han llenado de alegría y de paz en esos momentos que estoy cerca de ellos.

CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
RESUMEN.....	IX
PRESENTACIÓN.....	X

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REDES INALÁMBRICAS	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	2
1.2.1 PILA DE PROTOCOLOS	3
1.2.2 REDES 802.11	4
1.2.2.1 IEEE 802.11	5
1.2.2.2 IEEE 802.11a	5
1.2.2.3 IEEE 802.11b	5
1.2.2.4 IEEE 802.11g	6
1.2.2.5 IEEE 802.11n	6
1.2.2.5.1 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output).....	6
1.2.2.5.2 SDM (Spatial Division Multiplexion).....	7
1.2.2.6 Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11	9
1.2.3 TOPOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS	10
1.2.2.7 Función de Coordinación Distribuida (DCF).	10
1.2.2.7.1 Redes Independientes o Ad-Hoc.....	11
1.2.2.8 Función de Coordinación Centralizada (PCF).....	11
1.2.2.8.1 Redes de Infraestructura.....	12
1.2.2.8.2 Repetidor inalámbrico	14
1.3 SERVICIOS DEL 802.11	15
1.3.1 SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN	16
1.3.2 SERVICIOS DE ESTACIÓN.....	16
1.3.3 ASOCIACIÓN DE ESTACIONES CON ACCESS POINTS.....	17
1.3.3.1 Proceso de Asociación.....	17
1.3.3.2 Proceso de Roaming	18
1.4 SEGURIDAD PARA REDES WI-FI.	20
1.4.1 REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA REDES WI-FI.....	20

1.4.2	SSID	21
1.4.3	FILTRADO DE DIRECCIONES MAC	22
1.4.4	WEP (WIRED EQUIVALENT PRIVACY)	22
1.4.5	AUTENTICACIÓN CON IEEE 802.1X	23
1.4.6	WPA (WI-FI PROTECTED ACCESS).....	24
1.4.6.1	WPA Versión 1 (WPA)	25
1.4.6.2	WPA Versión 2 (WPA2)	26
1.4.7	VPNs INALÁMBRICAS	26
1.4.8	VLANs	27
1.4.8.1	Servicios de las VLANs	28
1.4.9	MODALIDADES DE OPERACIÓN	29
1.4.9.1	Políticas de Seguridad	30
1.5	RADIO CISCO AIRONET 1250 SERIES ACCESS POINT	31
1.5.1	INFORMACIÓN GENERAL	31
1.5.2	PUNTO DE ACCESO LIGERO	33
1.5.3	CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE	34
1.5.3.1	Dos ranuras de módulo de radio, una de 2.4Ghz y otra de 5Ghz.....	35
1.5.3.1.1	<i>Operación Simple o Doble</i>	36
1.5.3.2	Funcionamiento de los LED.....	37
1.5.3.3	Puerto Ethernet.....	38
1.5.3.4	Puerto de consola.....	38
1.6	WIRELESS LAN CONTROLLER 5500 CISCO (WLC).....	39
1.6.1	INFORMACIÓN GENERAL	39
1.6.2	REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO.....	40
1.6.3	REQUISITOS DE CONFIGURACIÓN.....	41
1.6.4	CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE	41
1.6.4.1	Puerto Redundante	42
1.6.4.2	Puerto de Servicio	42
1.6.4.3	Puertos de Acceso a Consola.....	42
1.6.4.4	Puertos de Distribución	42
1.6.5	INTERFACES	43
1.6.5.1	Interfaz de Gestión o Administración.....	43
1.6.5.2	AP-Interface Manager	44
1.6.5.3	Interfaz Virtual	44
1.6.5.4	Interfaz Puerto de Servicio	45
1.6.5.5	Interfaz Dinámica	45
1.6.6	WLANS.....	46
1.7	ASPECTOS IMPORTANTES EN UNA SEÑAL WI-FI.....	48
1.7.1	COBERTURA	48
1.7.1.1	Potencia de emisión y sensibilidad de recepción del Punto de Acceso.....	49

1.7.1.1.1	Antena del Punto de Acceso.....	49
1.7.1.2	Sensibilidad del dispositivo Wi-fi del usuario.....	50
1.7.1.3	Los obstáculos y pérdidas de Señal.....	51
1.7.2	CAPACIDAD.....	52
1.7.3	RELACIÓN SEÑAL A RUIDO.....	53
1.7.4	CANALES.....	53
1.7.5	UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT PARA ROAMING.....	55

CAPÍTULO 2

2 IMPLEMENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN CENTRALIZADA DE LA RED INALÁMBRICA MEDIANTE UN WIRELESS LAN CONTROLLER..... 56

2.1	INTRODUCCIÓN.....	56
2.2	PROPUESTA.....	57
2.3	ACTUALIZACIÓN DE IOS DEL MODO AUTÓNOMO A LIGHWEIGHT.....	57
2.3.1	UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO.....	58
2.3.2	DESMONTAJE DE LOS PUNTOS DE ACCESO.....	59
2.3.3	REQUERIMIENTOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE IOS.....	59
2.3.4	PASOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL IOS.....	60
2.3.4.1	Descarga del IOS Lightweight.....	60
2.3.4.2	Direccionamiento IP en los dispositivos.....	60
2.3.4.3	Transferencia del archivo Lightweight por CLI.....	62
2.4	INCLUSIÓN DEL WIRELESS LAN CONTROLLER 5500 A LA RED.....	63
2.4.1	CONFIGURACIÓN INICIAL DEL WIRELESS LAN CONTROLLER.....	63
2.4.2	TOPOLOGÍA DEL WIRELESS LAN CONTROLLER.....	66
2.4.3	CONFIGURACIÓN EN EL SWITCH DE CORE DE LA RED.....	67
2.4.4	CONFIGURACIÓN ADICIONAL EN EL CONTROLADOR.....	69
2.4.4.1	Creación de las interfaces dinámicas.....	69
2.4.4.2	Creación de WLAN en el controlador.....	71
2.4.4.3	Seguridad de la WLAN SSID.....	73
2.4.5	PROCESO DE ASOCIACIÓN ACCESS POINT LIGHWEIGHT – WLC.....	75
2.4.5.1	Configuración en el Switch de Acceso.....	75
2.4.5.2	Configuración de parámetros en el Punto de Acceso.....	76
2.4.5.3	Canales de funcionamiento de los Puntos de Acceso.....	77

CAPÍTULO 3

3	PRUEBAS, RESULTADOS Y COSTOS	78
3.1	SITE SURVEY	78
3.1.1	PRUEBAS SITE SURVEY	79
3.1.2	REPORTE SITE SURVEY	80
3.1.2.1	Resultados del Rocío I.....	81
3.1.2.2	Resultados del Rocío II	105
3.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	113
3.2.1	INCLUSIÓN DEL CONTROLADOR A LA RED.....	113
3.2.2	CAPACIDAD DEMANDADA.....	114
3.2.3	COBERTURA ROCÍO I	115
3.2.4	COBERTURA ROCÍO II.....	115
3.3	COSTOS	116
3.3.1	PRECIOS DE EQUIPOS.....	116
3.3.2	OTROS COSTOS.....	119

CAPÍTULO 4

4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
4.1	CONCLUSIONES.....	120
4.2	RECOMENDACIONES.....	124

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....127

ANEXOS.....131

ANEXO 1 - TOMA DEL PROCESO DE EJECUCIÓN DEL COMANDO, UNA VEZ INICIADO EL PROCESO DE TRANSFERENCIA DEL ARCHIVO IOS.

ANEXO 2 - CONFIGURACIÓN INICIAL DETALLADA DEL CONTROLADOR.

ANEXO 3 - CONFIGURACIÓN DEL SWITCH DE CORE Y SWITCH DE ACCESO.

ANEXO 4 - ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS ESQUIPOS UTILIZADOS (*DATA SHEET*)

- *CISCO AIRONET WIRELESS ACCESS POINTS 1250*
- *CISCO WIRELESS LAN CONTROLLERS 5500*

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Tecnologías Inalámbricas	2
Figura 1.2: Familia de la Tecnología de Red IEEE 802	3
Figura 1.3 Representación del Sistema MIMO/SDM.....	7
Figura 1.4: Sistema MIMO 2x3.....	8
Figura 1.5: Topologías de redes inalámbricas	10
Figura 1.6: Topología Ad-Hoc, BSS Independiente.....	11
Figura 1.7: Topología de Infraestructura, BSS de Infraestructura.....	12
Figura 1.8: Conjunto de Servicios Extendido ESS	13
Figura 1.9: BSS adyacentes con 10 a un 15 por ciento de superposición	13
Figura 1.10: Repetidor inalámbrico	14
Figura 1.11: Redundancia de Access Point.	15
Figura 1.12: Proceso de Asociación	17
Figura 1.13: Roaming a través de la red inalámbrica.	18
Figura 1.14: Roaming a través de las subredes.....	20
Figura 1.15: Logo Red Asegurada.....	20
Figura 1.16: Mecanismo de Autenticación con 802.1X	24
Figura 1.17: Utilización de VLANs en la red inalámbrica.	28
Figura 1.18: Servicios de las VLANs	29
Figura 1.19: Radio Cisco Aironet 1250.....	32
Figura 1.20: Túnel de comunicación entre los AP LWAPP y el WLC	34
Figura 1.21 Punto de acceso con módulos de radio de 2,4 GHz y 5 GHz.	35
Figura 1.22: Módulo de radio	36
Figura 1.23: Indicadores LED del Access Point Cisco Aironet 1250 Cisco.....	37
Figura 1.24: Punto de Acceso a las Áreas de conector.....	39
Figura 1.25: Cisco 5500 Series Wireless LAN Controller.	39
Figura 1.26: Puertos e indicadores LED en el Wireless LAN Controller Cisco 5500.....	41
Figura 1.27: Relación entre WLANs, interfaces, VLANs y Puertos en el WLC.....	47
Figura 1.28: Antena omnidireccional (AIR-ANT2430V-R 3dbi)	49
Figura 1.29: Características de la tarjeta de red inalámbrica utilizada para la medición.	51
Figura 1.30: Roaming entre dos zonas de cobertura	55
Figura 2.1: Ubicación de los Access Points en los Edificios Rocío I y II.	58
Figura 2.2: Access Point colocado en la losa.	59
Figura 2.3: Conexión para transferir el archivo IOS.	61
Figura 2.4: Conexión con Access Point en Configuración Predeterminada.	62
Figura 2.5: Arquitectura Distribuida del WLC.....	66
Figura 2.6: Conexión entre el controlador y el switch de core	67

Figura 2.7: Pantalla de las interfaces dinámicas	70
Figura 2.8: Interfaces del controlador.....	71
Figura 2.9: Pantalla de configuración de las WLANs.	71
Figura 2.10: Asignación del tipo de Radio e interfaz	73
Figura 2.11: Seguridad de la WLAN.....	74
Figura 2.12: Enlace en Modo Acceso.....	76
Figura 2.13: Integración de los Access Points al controlador.....	77
Figura 3.1: Toma de muestras - Site Survey.....	80
Figura 3.2: Cobertura 2D - Subsuelo-Rocío I.....	81
Figura 3.3: Cobertura área- velocidad - Subsuelo Rocío I	82
Figura 3.4: Cobertura 2D – Planta Baja Rocío I.....	83
Figura 3.5: Cobertura área- velocidad - Planta Baja Rocío I.....	84
Figura 3.6: Cobertura 2D – Primer Piso Rocío I	85
Figura 3.7: Cobertura área- velocidad – Primer Piso Rocío I.....	86
Figura 3.8: Cobertura 2D – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1).....	87
Figura 3.9: Cobertura área- velocidad – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1).....	88
Figura 3.10: Cobertura 2D - Segundo Piso Rocío I (AP 2.2)	89
Figura 3.11: Cobertura área- velocidad – Segundo Piso Rocío I (AP 2.2).....	90
Figura 3.12: Cobertura 2D – Tercer Piso Rocío I.....	91
Figura 3.13: Cobertura área- velocidad – Tercer Piso Rocío I	92
Figura 3.14: Cobertura 2D – Cuarto Piso Rocío I	93
Figura 3.15: Cobertura área- velocidad – Cuarto Piso Rocío I.....	94
Figura 3.16: Cobertura 2D – Quinto Piso Rocío I	95
Figura 3.17: Cobertura área- velocidad – Quinto Piso Rocío I.....	96
Figura 3.18: Cobertura 2D – Sexto Piso Rocío I.....	97
Figura 3.19: Cobertura área- velocidad – Sexto Piso Rocío I.....	98
Figura 3.20: Cobertura 2D – Séptimo Piso Rocío I.....	99
Figura 3.21: Cobertura área- velocidad – Séptimo Piso Rocío I	100
Figura 3.22 Cobertura 2D – Octavo Piso Rocío I.....	101
Figura 3.23: Cobertura área- velocidad – Octavo Piso Rocío I	102
Figura 3.24: Cobertura 2D– Noveno Piso Rocío I	103
Figura 3.25: Cobertura área- velocidad – Noveno Piso Rocío I.....	104
Figura 3.26: Cobertura 2D – Planta Baja Rocío II	105
Figura 3.27: Cobertura área- velocidad – Planta Baja Rocío II.....	106
Figura 3.28: Cobertura 2D – Primer Piso Rocío II.....	107
Figura 3.29: Cobertura área- velocidad – Primer Piso Rocío II	108
Figura 3.30: Cobertura 2D – Segundo Piso Rocío II.....	109
Figura 3.31: Cobertura área- velocidad – Segundo Piso Rocío II	110

Figura 3.32: Cobertura 2D – Tercer Piso Rocío II	111
Figura 3.33: Cobertura área- velocidad – Tercer Piso Rocío II.....	112
Figura 3.34: Interfaz gráfica del controlador - Estado de los Puntos de Acceso	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Conjunto de estándares IEEE 802.11.	4
Tabla 1.2 Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11.....	9
Tabla 1.3: Estándares de Seguridad para redes inalámbricas Wi-Fi	30
Tabla 1.4: Tipo de Tráfico 802.11 manipulado por el APLWAPP y el WLC	34
Tabla 1.5 Módulos de radio del Cisco Aironet 1250.....	35
Tabla 1.6: Antenas de TX - RX en el Módulo de radio.....	37
Tabla 1.7 Área de conectores del Access Point.	39
Tabla 1.8: Puertos e indicadores LED en el Wireless LAN Controller Cisco 5500.	42
Tabla 1.9: Potencia de Transmisión del AIR-LAP1252G-AK9.	49
Tabla 1.10: Sensibilidad de Recepción del AIR-LAP1252G-AK9.	49
Tabla 1.11: Características de la Antena Triple AIR-ANT2430V-R 3dBi	50
Tabla 1.12: Atenuación en espacio libre.....	52
Tabla 1.13: Atenuación de la señal dada por la ITU-R	52
Tabla 1.14: Canales estandarizados por la FCC para IEEE 802.11g.....	54
Tabla 1.15: Frecuencias por canal para IEEE 802.11a.	54
Tabla 2.1: IOS Lightweight de los Access Point 1250 y 1130.	60
Tabla 2.2: Direccionamiento de la Interfaz de Administración.....	64
Tabla 2.3: VLANs y Direcciones de las VLANs en el Switch de Core.	68
Tabla 2.4: Direccionamiento de las interfaces dinámicas.....	70
Tabla 3.1: Niveles de señal, ruido y relación S/N - Subsuelo Rocío I.....	81
Tabla 3.2: Resultados de Site Survey - Subsuelo Rocío I	82
Tabla 3.3: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Planta Baja Rocío I	83
Tabla 3.4: Resultados de Site Survey - Planta Baja Rocío I.....	84
Tabla 3.5: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Primer Piso Rocío I.....	85
Tabla 3.6: Resultados de Site Survey – Primer Piso Rocío I.....	86
Tabla 3.7: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1)	87
Tabla 3.8: Resultados de Site Survey – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1).....	88
Tabla 3.9: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Segundo Piso Rocío I (AP 2.2)	89
Tabla 3.10: Resultados de Site Survey – Segundo Piso Rocío I (AP 2.2).....	90
Tabla 3.11: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Tercer Piso Rocío I	91
Tabla 3.12: Resultados de Site Survey – Tercer Piso Rocío I.....	92

Tabla 3.13: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Cuarto Piso Rocío I.....	93
Tabla 3.14: Resultados de Site Survey – Cuarto Piso Rocío I.....	94
Tabla 3.15: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Quinto Piso Rocío I.....	95
Tabla 3.16: Resultados de Site Survey – Quinto Piso Rocío I.....	96
Tabla 3.17: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Sexto Piso Rocío I.....	97
Tabla 3.18: Resultados de Site Survey – Sexto Piso Rocío I.....	98
Tabla 3.19: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Séptimo Piso Rocío I.....	99
Tabla 3.20: Resultados de Site Survey – Séptimo Piso Rocío I.....	100
Tabla 3.21: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Octavo Piso Rocío I.....	101
Tabla 3.22: Resultados de Site Survey – Octavo Piso Rocío I.....	102
Tabla 3.23: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Noveno Piso Rocío I.....	103
Tabla 3.24: Resultados de Site Survey – Noveno Piso Rocío I.....	104
Tabla 3.25: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Planta Baja Rocío II.....	105
Tabla 3.26: Resultados de Site Survey – Planta Baja Rocío II.....	106
Tabla 3.27: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Primer Piso Rocío II.....	107
Tabla 3.28: Resultados de Site Survey – Primer Piso Rocío II.....	108
Tabla 3.29: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Segundo Piso Rocío II.....	109
Tabla 3.30: Resultados de Site Survey – Segundo Piso Rocío II.....	110
Tabla 3.31: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Tercer Piso Rocío II.....	111
Tabla 3.32: Resultados de Site Survey – Tercer Piso Rocío II.....	112
Tabla 3.33: Capacidad Demandada por los Usuarios.....	114
Tabla 3.34: Propuesta de la distribución de los Puntos de Acceso – Rocío I.....	115
Tabla 3.35: Propuesta de la distribución de los Puntos de Acceso - Rocío II.....	116
Tabla 3.36: Costo de Access Point y Antena.....	117
Tabla 3.37: Costo del Wireless LAN Controller 5500 Cisco.....	117
Tabla 3.38: Requerimientos mínimos para el servidor WCS.....	118
Tabla 3.39: Características del Servidor para WCS.....	118
Tabla 3.40: Costos del cableado de datos y eléctrico para la red inalámbrica.....	119
Tabla 3.41: Costo de Servicios Adicionales.....	119

RESUMEN

El presente trabajo aborda las bases, definición, características e implementación de la tecnología inalámbrica utilizada en este proyecto partiendo desde los conceptos básicos para entender la problemática del tema hasta procedimientos de configuración de los diferentes equipos utilizados para poner en marcha el controlador.

Se realiza una introducción teórica al estándar de comunicaciones inalámbricas IEEE 802.11 en sus especificaciones 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n, haciendo énfasis en el 802.11n que es el más conveniente en la actualidad por todos sus beneficios y disponibilidad de la tecnología. También se estudia la evolución de los mecanismos de seguridad y como trabaja cada uno de estos para ver más adelante cual será el adecuado para la red inalámbrica.

En el segundo capítulo se determina y analiza el estado actual de la red inalámbrica, luego se describe paso a paso como se realizó la implementación del controlador, es decir el trabajo que se hizo con los puntos de acceso, con el controlador y con los otros dispositivos que intervinieron directa o indirectamente para la configuración de los equipos.

Finalmente se realiza unas pruebas de la señal con la herramienta Visiwave Site Survey para constatar cómo está la cobertura de los puntos de acceso en cada piso del Rocío I y II, para después realizar un análisis de cómo quedará funcionando la red inalámbrica, pero recomendando el incremento de puntos de acceso en determinadas zonas y la implementación de un mecanismo más fuerte de seguridad. También se incluye en el tercer capítulo los costos de los equipos utilizados y de otros que son necesarios para fortalecer la seguridad inalámbrica.

PRESENTACIÓN

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) son en la actualidad una herramienta indispensable para el desarrollo y productividad de las empresas y compañías.

Hoy en día es muy necesario tener una red inalámbrica que cuente con todas las características de seguridad, calidad de servicio (QoS) para soporte de aplicaciones de voz y video, *roaming*, planificación y selección de los canales de operación, administración y monitoreo de la red, planes de contingencia y procesos a seguir cuando existan inconvenientes, etc.

Se ha visto que Los Edificios Rocío I y II son concentradores de una gran cantidad de usuarios móviles e inalámbricos y que además la administración de los Access Points de los edificios indicados no es centralizada lo que provoca problemas de administración, configuración y soporte para la red inalámbrica por todo esto se debe planificar una red inalámbrica integral, escalable y segura.

Es por este motivo que se presenta el siguiente trabajo, la implementación de un controlador de Puntos de Acceso que ayudará en el monitoreo y administración de la red inalámbrica, dejando en claro que no se va hacer un cambio total y completo para migrar a una red empresarial de primera, pero con esto se espera contribuir en algo para el mejoramiento de la red de EP PETROECUADOR.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE REDES INALÁMBRICAS

1.1 INTRODUCCIÓN

La gran aceptación en el mercado y el rápido desarrollo de las tecnologías inalámbricas 802.11 (Wi-Fi), 802.15.1 (Bluetooth), 802.16 (WiMAX), etc. han revolucionado las comunicaciones a nivel mundial al brindar gran flexibilidad y movilidad a usuarios que necesitan acceder a información en cualquier parte y a cualquier hora.

De esta manera se permite incrementar la productividad y eficiencia en las empresas donde las redes inalámbricas son instaladas; cualquier usuario legítimo conectado a una red inalámbrica puede fácilmente transmitir y recibir datos, voz y vídeo en tiempo real.

Las redes inalámbricas son un complemento esencial de las redes cableadas; se pueden mezclar las redes cableadas y las inalámbricas obteniendo así una “Red Híbrida”, considerando que el sistema cableado sea la parte principal y la red inalámbrica proporcione movilidad y flexibilidad adicional.

1.2 TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

Al igual que las redes tradicionales cableadas, las redes inalámbricas pueden ser clasificadas dependiendo del alcance o cobertura [1]:

- WWAN (*Wireless Wide Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Extendida.
- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Metropolitana.
- WLAN (*Wireless Local Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Local.
- WPAN (*Wireless Personal Area Network*), Redes Inalámbricas de Área Personal.

La figura 1.1 muestra las tecnologías de redes inalámbricas dependiendo de la cobertura.

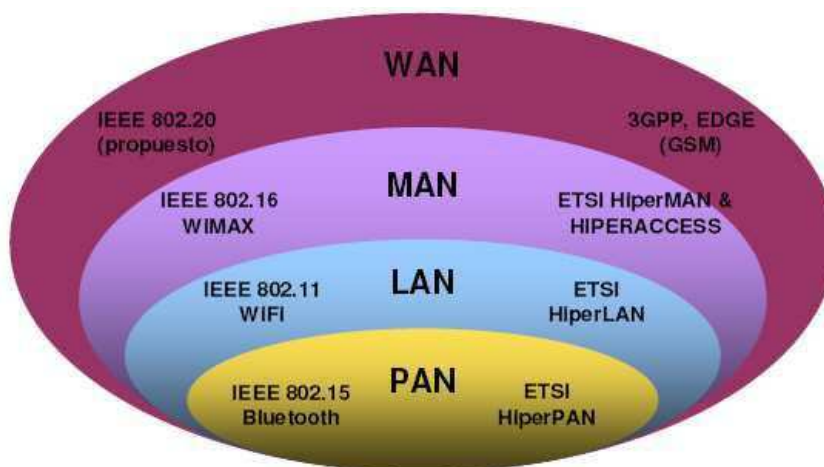


Figura 1.1: Tecnologías Inalámbricas. [2]

Las redes WLAN pueden definirse como una red de alcance local que tiene como medio de transmisión las ondas electromagnéticas en un medio no guiado¹.

Las redes WLAN cumplen con los estándares genéricos aplicables a las redes tradicionales IEEE 802.3 o equivalentes, sin embargo las redes inalámbricas necesitan una normativa específica adicional para el uso de recursos de Radio

¹ Medio el cual no tiene un espacio físico.

Frecuencia (*Radio Frequency*, RF) o para el uso de recursos de Luz Infrarroja (*Infrared Light*, IR). Estas normativas definen de forma detallada los protocolos de la Capa Física (*Physical Layer*, PHY) y de la Capa de Control de Acceso al Medio (*Medium Access Control*, MAC) [3].

En 1997, el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos) generó el primer estándar para redes WLAN denominado IEEE 802.11 [4]. Desde entonces organismos normativos internacionales como la ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) han desarrollado sus propios estándares para redes inalámbricas de corto y largo alcance.

1.2.1 PILA DE PROTOCOLOS

Las especificaciones del IEEE 802 se centran en las dos capas inferiores del modelo OSI¹. Como se muestra en la figura 1.2 todas las redes 802 tienen un componente MAC² y un componente físico PHY³.

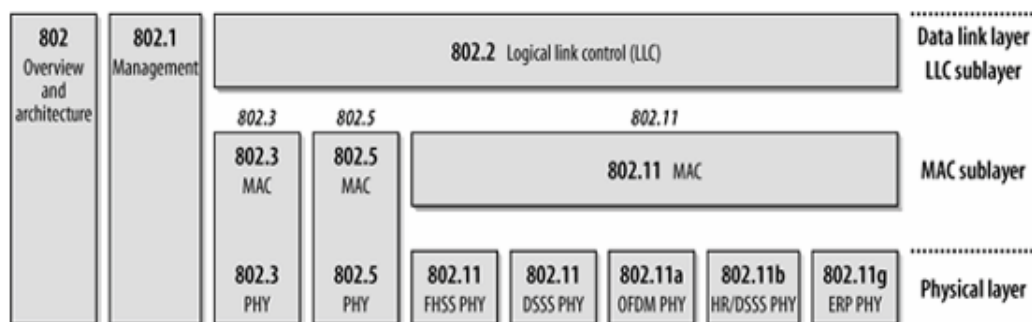


Figura 1.2: Familia de la Tecnología de Red IEEE 802. [5]

¹OSI (Open Systems Interconnection, Interconexión de Sistemas Abiertos).

²Es un conjunto de reglas para determinar la forma de cómo acceder al medio y enviar datos.

³La capa física proporciona los detalles de la transmisión y recepción de datos

1.2.2 REDES 802.11

En tan solo unos pocos años las WLAN han pasado de tener un alto precio y de ser una tecnología curiosa para algunos expertos, a ser una tecnología predominante. La tecnología inalámbrica más exitosa es sin duda el conjunto de estándares 802.11 conocido comercialmente como *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*, Fidelidad Inalámbrica), convirtiéndose así en el estándar establecido para las WLAN debido a la implementación en múltiples productos comerciales.

ESTÁNDAR	ESPECIFICACIÓN
802.11	Primer estándar en 1997. Especifica la Capa MAC y las técnicas de salto de frecuencia (FHSS) y modulación de secuencia directa (DSSS) originales más lentas.
802.11a	Segundo estándar de capa física en 1999, pero los productos comerciales no se lanzaron hasta finales del 2000.
802.11b	Tercer estándar de capa física en 1999, pero segunda fase de elaboración de productos.
802.11d	Amplía el salto de frecuencia en PHY para su uso en múltiples dominios de regulación.
802.11e	Produce extensiones de calidad de servicio (QoS) para la capa MAC. Se implanta de manera comercial con el nombre de <i>Wi-Fi Multi-Media</i> (WMM).
802.11f	Protocolo que permite las transiciones de datos (<i>Roaming</i>) entre puntos de acceso unidos directamente.
802.11g	PHY estandarizada en el 2003 para redes en la banda ISM ¹ de 2.4 GHz.
802.11h	Estándar para hacer compatible a 802.11a con las regulaciones de emisiones de radio europeas.
802.11i	Mejoras para la seguridad en la capa de enlace.
802.11j	Mejoras a 802.11a para ajustarse a las regulaciones de emisión de radio japonesas.
802.11k	Grupo de tarea para mejorar la comunicación entre clientes y la red, incluyendo la administración y el uso eficiente de los recursos de radio frecuencia.
802.11n	Grupo de tarea para crear un estándar de alto rendimiento. El objetivo del diseño es un rendimiento superior a 100 Mbps.
802.11r	Mejora el proceso de transiciones rápidas (<i>Fast Roaming</i>) entre varios puntos de acceso.
802.11s	Grupo de tarea que mejora 802.11 para su uso como tecnología de red de malla (<i>Mesh Networking</i>).

Tabla 1.1: Conjunto de estándares IEEE 802.11. [6]

1.2.2.1 IEEE 802.11

En junio de 1997, el IEEE ratificó el estándar para redes inalámbricas IEEE 802.11, que llegaban a velocidades de 1 y 2 Mbps con una modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum), y por salto de frecuencia FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) [4]; sin embargo a finales de 1999 se publican 2 suplementos al estándar original que son el IEEE 802.11a y el IEEE 802.11b.

1.2.2.2 IEEE 802.11a

IEEE 802.11a fue la primera extensión del estándar original, opera en la banda de 5GHz denominada U-NII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia) menos congestionada y con menos interferencias [3].

802.11a utiliza la modulación por Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), la cual divide una señal de datos a través de 52 subportadoras (48 subportadoras de datos y 4 subportadoras para sincronización) con canales de 20 MHz para proveer transmisiones en velocidades de datos de 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 ó 54 Mbps [6].

IEEE 802.11a tiene 12 canales no solapados (8 para red inalámbrica y 4 para conexiones punto a punto), de esta forma se disponen de 8 Puntos de Acceso para diferentes canales sin interferencia dentro de la misma área de cobertura.

1.2.2.3 IEEE 802.11b

IEEE 802.11b fue la segunda extensión del estándar original y fue la base para la mayoría de las redes de área local inalámbricas que existen en la actualidad [3].

Este estándar opera en la banda ISM de 2.4GHz y utiliza como técnica de modulación HR/DSSS (*High-Rate Direct Sequence Spread Spectrum*) conjuntamente con la modulación CCK (*Complementary Code Keying*).

IEEE 802.11b tiene 11 canales de 22MHz, de los cuales tres canales son no solapados, se tiene a disposición los canales 1, 6, 11 y de esta forma se disponen de 3 Puntos de Acceso para diferentes canales en la misma área sin interferencia.

Los rangos de velocidad de datos que soporta 802.11b son 1, 2, 5.5 y 11Mbps, y su alcance máximo es de 100 metros en condiciones ideales.

1.2.2.4 IEEE 802.11g

La tercera extensión del estándar original es 802.11g. De forma similar a 802.11b, 802.11g opera en la banda de 2.4 GHz y las señales transmitidas utilizan 11 canales de 22 MHz cada uno, lo que es aproximadamente un tercio de la banda total. Esto limita el número de puntos de acceso no solapados a tres, de igual manera que 802.11b [4].

La técnica de modulación utilizada es OFDM en banda angosta, que funciona en los 2.4 GHz. El estándar 802.11g provee transmisiones de hasta 54 Mbps [6]. Además es compatible con 802.11b.

1.2.2.5 IEEE 802.11n

La tecnología 802.11n puede trabajar en dos bandas de frecuencia: 2.4 GHz (compatible con 802.11b y 802.11g) y 5 GHz (compatible con 802.11a); utiliza como técnica de modulación OFDM conjuntamente con MIMO (*Multiple Inputs Multiple Outputs*), la cual combina varias antenas de radio para aumentar la capacidad de las transmisiones de datos [7].

Se tiene una velocidad teórica de hasta 600 Mbps dependiendo del fabricante [6].

1.2.2.5.1 MIMO (Multiple-Input Multiple-Output)

MIMO representa el corazón del estándar 802.11n, ya que fundamentalmente a través de esta técnica se logran velocidades de hasta 600 Mbps.

Tradicionalmente, en las comunicaciones de radio se utilizaba un sistema SISO (Single-Input Single-Output) en las que tanto el transmisor como el receptor estaban configuradas con una antena. En este tipo de sistemas, la cantidad de información que puede ser transportada depende de la cantidad de potencia de señal que excede el ruido en el receptor (SNR). Mientras mayor sea el valor de SNR, mayor será la cantidad de información que podrá llevar la señal y podrá recuperar el receptor. MIMO describe un sistema compuesto por un transmisor

con múltiples antenas que transmite a un receptor el cual también está provisto de múltiples antenas.

Este sistema aprovecha fenómenos físicos en la transmisión como la propagación multicamino para incrementar la tasa de transmisión y reducir considerablemente las colisiones (contraproducentes en un sistema SISO convencional). [8]

1.2.2.5.2 *SDM (Spatial Division Multiplexion)*

Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales, transmitiéndose desde múltiples antenas. Si estas señales llegan con una correcta separación de tiempo, el receptor será capaz de distinguir las creando múltiples canales en anchos de banda mínimos.

Como se muestra en la Figura 1.3 con MIMO/SDM la tasa de datos del sistema aumenta con el número de flujos de datos independientes; por ello, el número de antenas transmisoras/receptoras debe ser mayor o igual al flujos de datos. [8]

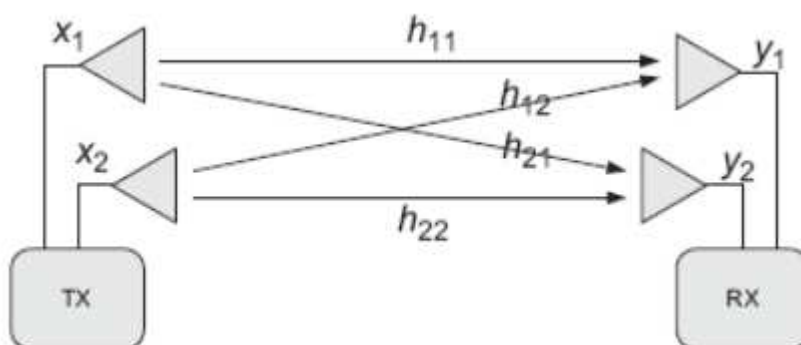


Figura 1.3 Representación del Sistema MIMO/SDM [8]

Cuando una señal viaja por diferentes caminos hacia un único receptor, el tiempo que tarda en llegar a su destino depende de la longitud del camino que recorre. La señal que viaja por el camino más corto llegará primera, seguida de las copias o ecos de las señales ligeramente retrasadas de los caminos más largos. Dado que

éstas viajan a la velocidad de la luz, el tiempo transcurrido entre la primera señal y las siguientes es de sólo nanosegundos; por lo que esta demora tan pequeña puede causar una degradación de la señal en una sola antena, ya que todas las copias pueden interferir con la primera al llegar.

MIMO envía múltiples señales de radio al mismo tiempo aprovechando el multicamino. Cada una de estas señales es llamada flujo espacial. Cada flujo espacial es enviado desde su propia antena, usando su propio transmisor. Debido al espacio entre cada una de las antenas, cada señal sigue ligeramente un camino distinto hacia el receptor (diversidad espacial). El receptor dispone de múltiples antenas, cada una de ellas con su propia radio, las cuales decodifican independientemente las señales recibidas; donde a continuación son combinadas en una sola.

Los sistemas MIMO se describen utilizando el número de transmisores y receptores presentes, por ejemplo en la Figura 1.4 se muestra un sistema MIMO: "2X3" (2 transmisores y 3 receptores).

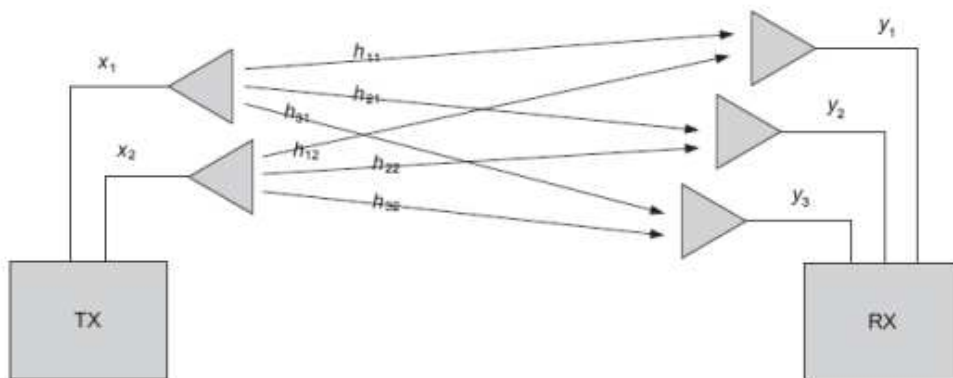


Figura 1.4: Sistema MIMO 2x3 [8]

La ganancia de SNR de los sistemas 2x1 a 2x2 y 3x2 es claramente mayor a la conseguida por cada paso a partir del sistema 3x3 en adelante.

1.2.2.6 Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11

La tabla 1.2 muestra una breve comparación de las especificaciones 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

PARÁMETRO	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Frecuencia	5 GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz 5GHz
Ancho de Banda	300MHz	83.5MHz	83.5MHz	>1GHz
Modulación	OFDM	HR/DSSS y CCK	OFDM	OFDM y MIMO
Ancho de Banda por Canal	20 MHz	22 MHz	22 MHz	20 MHz y 40 MHz
Canales no solapados	12	3	3	Depende del Fabricante
Tasa de Transmisión Teórica	De 6 a 54 Mbps	De 1 a 11 Mbps	De 1 a 54 Mbps	De 124 a 600 Mbps
Tasa de Transmisión Real Máxima ¹	25 Mbps	5Mbps	23 Mbps	300Mbps
Rango de cobertura en interiores ²	10–40 metros	Más de 50 metros	30–50 metros	40–70 metros
Usuarios Simultáneos	64	32	50	Depende del Fabricante
Compatibilidad con otros Estándares WLAN	Incompatible con 802.11b/g	802.11g	802.11b	802.11a/b/g

Tabla 1.2 Cuadro Comparativo de Tecnologías IEEE 802.11 [9].

¹Tasa de Transmisión aproximada en condiciones ideales.

²Con Antenas Omni-direccionales de 2dBi.

1.2.3 TOPOLOGÍAS DE REDES INALÁMBRICAS.

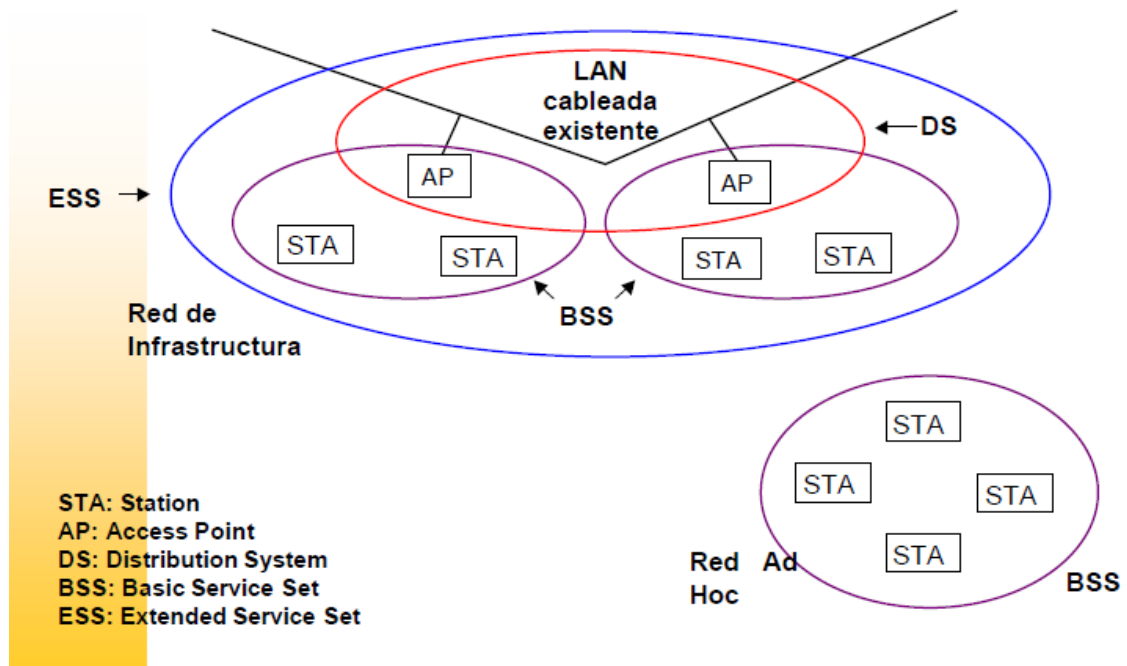


Figura 1.5: Topologías de redes inalámbricas. [12]

1.2.2.7 Función de Coordinación Distribuida (DCF).

La Función de Coordinación Distribuida proporciona un acceso compartido al medio entre dispositivos con la misma capa física mediante el uso de un protocolo basado en Acceso Múltiple con Detección de Portadora con Prevención de Colisiones CSMA/CA¹ (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) [10].

Todas las estaciones y dispositivos 802.11 deben incluir obligatoriamente a DCF, a diferencia del mecanismo PCF que es opcional.

No hay un control centralizado de la red, todas las estaciones son iguales. Es el modo normal en las redes Ad hoc.

¹ CSMA/CA: Este protocolo trata de evitar choques o colisiones dividiendo el tiempo para que cada una de las estaciones pueda transmitir, consiste en asignar retrasos diferentes a cada estación. Si dos estaciones tratan de transmitir simultáneamente, se escucharán, esperarán y entonces tratan de transmitir nuevamente.

1.2.2.7.1 Redes Independientes o Ad-Hoc

La configuración más básica para redes inalámbricas es la *Ad-Hoc* (de igual a igual). En este tipo de topología no se requiere de ningún Punto de Acceso para la comunicación entre las estaciones, sino que los propios dispositivos inalámbricos se comunican entre sí siempre que se encuentren dentro del alcance directo de la comunicación.

Las redes *Ad-Hoc* normalmente están compuestas de dos o más dispositivos, por ejemplo: PDA¹, computadores portátiles o PCs² con tarjetas inalámbricas integradas. [9]

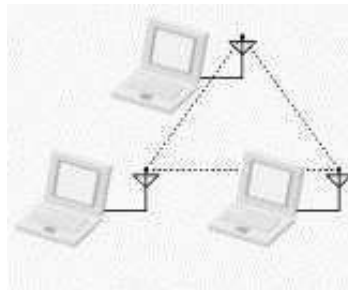


Figura 1.6: Topología Ad-Hoc, BSS Independiente. [9]

Una red *Ad-Hoc* forma un Conjunto de Servicios Básicos Independiente IBSS (*Independent Basic Service Set*) donde no existe un Punto de Acceso dentro de este conjunto de servicios. Este tipo de redes tienden a ser temporales y se usan cuando varios usuarios se reúnen para compartir información entre sus computadoras portátiles y también con PDAs. [9]

1.2.2.8 Función de Coordinación Centralizada (PCF)

La Función de Coordinación Centralizada PCF es opcional y los dispositivos no están obligados a implementarla. PCF está diseñado para ofrecer soporte de servicios con restricciones temporales para proporcionar calidad de servicio QoS (*Quality of Service*). Un nuevo elemento llamado Punto de Coordinación PC (*Point Coordinator*) que se encuentra implementado en el Punto de Acceso es el responsable de priorizar el acceso al medio de las estaciones inalámbricas. [9]

¹Asistente Personal Digital.

1.2.2.8.1 Redes de Infraestructura

Las redes de infraestructura se distinguen porque utilizan un Punto de Acceso formando un BSS (*Basic Service Set*) de Infraestructura, de esta forma las estaciones móviles tienen que asociarse con un Punto de Acceso para obtener los servicios de red; siempre las estaciones móviles inician el proceso de asociación y los Puntos de Acceso pueden conceder o denegar el acceso basándose en el contenido de una petición de asociación [9].

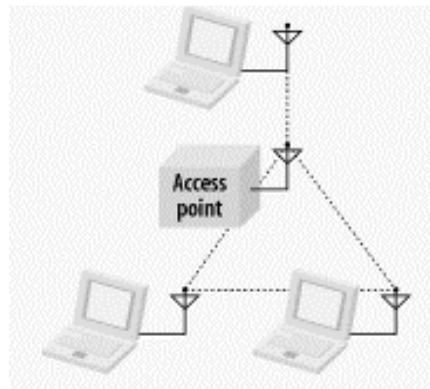


Figura 1.7: Topología de Infraestructura, BSS de Infraestructura. [9]

El conjunto básico de servicios (BSS) es el área de cobertura de RF proporcionada por un único Access Point. También se denomina microcélula. Como se muestra en la Figura 1.8, un BSS puede extenderse agregando otro Access Point. Cuando más de un BSS se conecta a una LAN inalámbrica, esto se denomina conjunto extendido de servicios (ESS). Agregar un Access Point también es una forma de agregar dispositivos inalámbricos y de extender el alcance de un sistema cableado existente. [11]

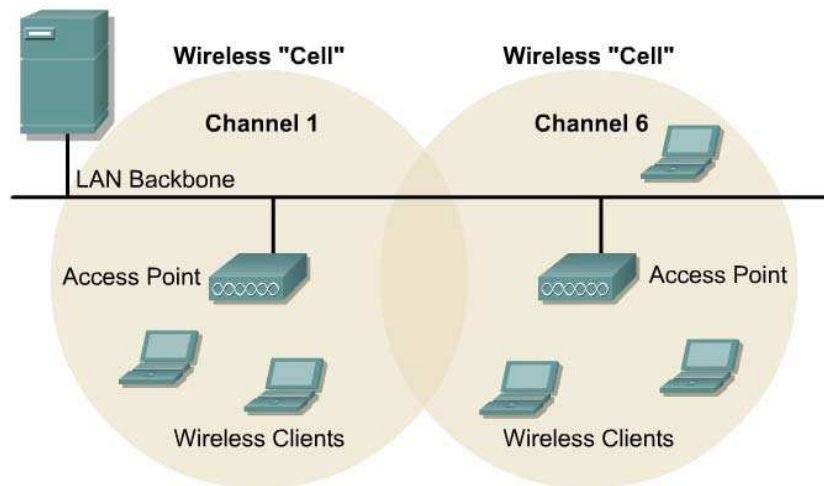


Figura 1.8: Conjunto de Servicios Extendido ESS [11]

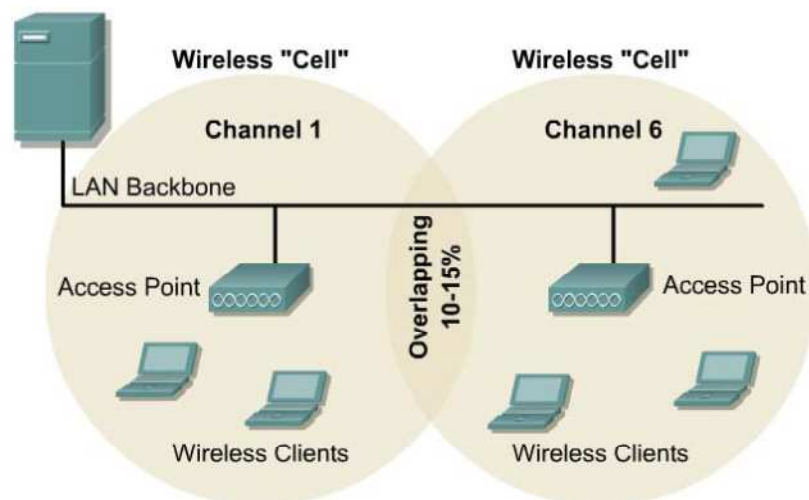


Figura 1.9: BSS adyacentes con 10 a un 15 por ciento de superposición. [11]

El Access Point se conecta al backbone¹ Ethernet y también se comunica con todos los dispositivos inalámbricos del área de la célula. El Access Point es el máster de la célula. Controla el flujo de tráfico hacia y desde la red. Los dispositivos remotos no se comunican directamente entre sí. En cambio, los

¹Backbone: Las redes de grandes empresas pueden estar compuestas por múltiples LAN (segmentos) y se conectan entre sí a través del backbone, que es el principal conducto que permite comunicar segmentos entre sí.

dispositivos se comunican a través del Access Point.

Si una única célula no proporciona la suficiente cobertura, se puede agregar cualquier cantidad de células para extender el alcance. Se recomienda que las células BSS adyacentes tengan de un 10 a un 15% de superposición, como se muestra en la Figura 1.9. Esto permite a los usuarios remotos hacer roaming sin perder conectividad RF. Las células fronterizas deberán configurarse a canales, o frecuencias, no superpuestas y diferentes para un mejor desempeño.

1.2.2.8.2 Repetidor inalámbrico

En un entorno donde es necesaria una cobertura extendida, pero el acceso al backbone no es práctico o no está disponible, puede utilizarse un repetidor inalámbrico. Un repetidor inalámbrico es simplemente un Access Point que no está conectado al backbone cableado. Esta configuración requiere una superposición del 50% del Access Point en el backbone y en el repetidor inalámbrico, como lo muestra la Figura 1.10. [11]

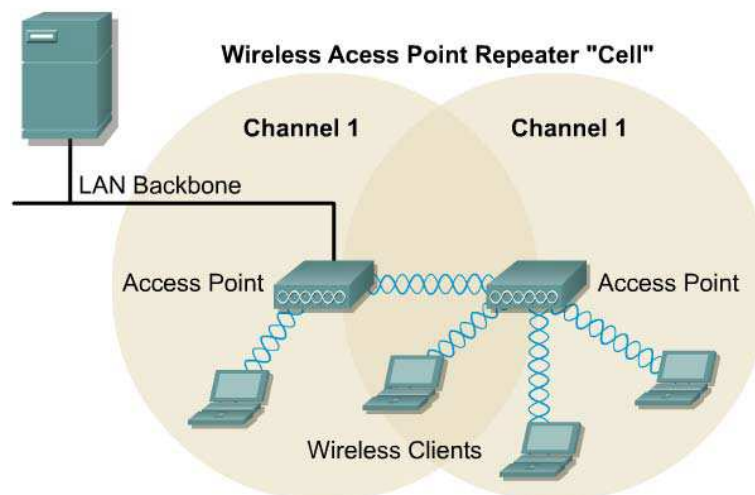


Figura 1.10: Repetidor inalámbrico. [11]

1.2.3.4 Redundancia del sistema y equilibrio de la carga

En una LAN donde es esencial tener comunicaciones, algunos clientes requerirán redundancia. Con los productos de espectro expandido de secuencia directa (DSSS) de un fabricante diferente, ambas unidades Access Point se configurarían

según la misma frecuencia y velocidad de datos, según se ilustra en la Figura 1.10 Puesto que estas unidades comparten el tiempo de la frecuencia, sólo una unidad puede hablar a la vez. Si dicha unidad pasa a inactividad por alguna razón, los clientes remotos transferirán la comunicación a la otra unidad activa. Aunque esto sí proporciona redundancia, no proporciona más throughput¹ que el que proporcionaría un único Access Point. [11]

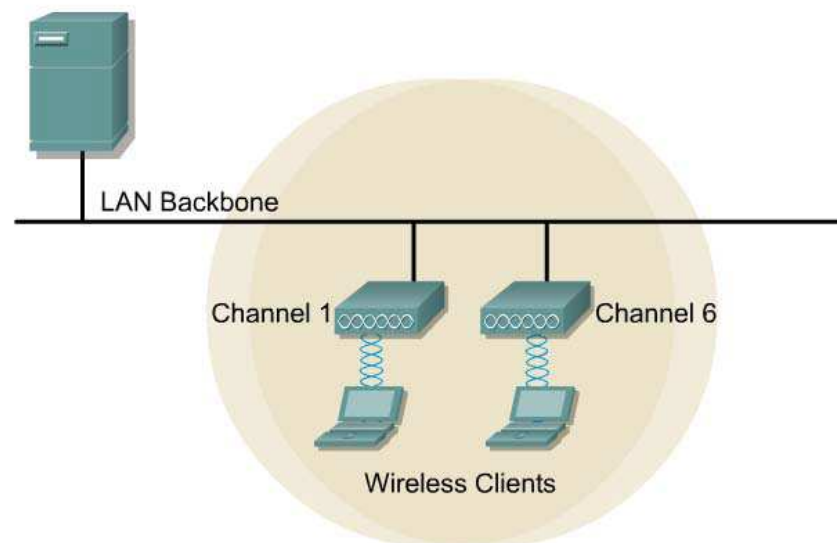


Figura 1.11: Redundancia de Access Point. [11]

1.3 SERVICIOS DEL 802.11

Una red 802.11 debe ofrecer dos tipos de servicios:

- Servicios de distribución: son ofrecidos por los puntos de acceso a las estaciones que se encuentran dentro de su alcance
- Servicios de estación: son utilizados por las estaciones para comunicar dentro de una celda (es decir en un Basic Service Set o BSS) [12].

¹Throughput: La cantidad de datos del usuario que pasa por el medio

1.3.1 SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN

- **Asociación:** lo utiliza una estación cuando está dentro del área de cobertura de un Access Point. Anuncia su identidad y capacidades (velocidades, gestión de energía, etc.).
- **Desasociación:** cuando la estación o el Access Point quiere despedirse (por ejemplo porque se va a apagar).
- **Reasociación:** se utiliza cuando una estación se mueve y cambia al área de cobertura de otro Access Point dentro del mismo ESS (roaming o handover).
- **Distribución:** determina como enrutar las tramas según el destino esté en la misma celda o no.
- **Integración:** se encarga de la traducción a formatos diferentes cuando parte del trayecto se hace por una red no 802.11. [12].

1.3.2 SERVICIOS DE ESTACIÓN

- **Autenticación:** una vez que se ha efectuado la asociación se ha de validar a la estación solicitante. Se establece la identidad de la estación (dirección MAC) antes de establecer la asociación
- **Desautenticación:** para terminar la comunicación ordenadamente primero hay que desautenticar y luego desasociar. Una vez desautenticado no se puede usar la red.
- **Privacidad:** se encarga de la encriptación/desencriptación¹ de la información. Se proporciona protección frente a escuchas secretas.
- **Entrega de los datos:** se encarga del envío de los datos por el enlace de radio una vez se han cumplido todos los requisitos previos (asociación, autenticación y privacidad). [12]

¹encriptación/desencriptación: La encriptación es el proceso para volver ilegible información que se considera importante. Se trata de una medida de seguridad que es usada para almacenar o transferir información delicada que no debería ser accesible a terceros. Desencriptar es el proceso para que un archivo se vuelva legible o vuelva a su formato normal.

1.3.3 ASOCIACIÓN DE ESTACIONES CON ACCESS POINT.

Cuando una estación se enciende busca un Access Point. Si recibe respuesta de varios atiende al que le envía una señal más potente. La estación se asocia con el Access Point elegido. El Access Point le incluye su MAC en la tabla de asociados.

El Access Point se comporta para las estaciones de su celda como un hub¹ inalámbrico. En la conexión entre la celda y el sistema de distribución el Access Point actúa como un puente². [12]

1.3.3.1 Proceso de Asociación.



Figura 1.12: Proceso de Asociación [12].

¹Hub: es un dispositivo que permite centralizar el cableado de una red y poder ampliarla. Esto significa que dicho dispositivo recibe una señal y repite esta señal emitiéndola por sus diferentes puertos.

²Puente: conecta segmentos de red formando una sola subred (permite conexión entre equipos sin necesidad de routers)

1.3.3.2 Proceso de Roaming

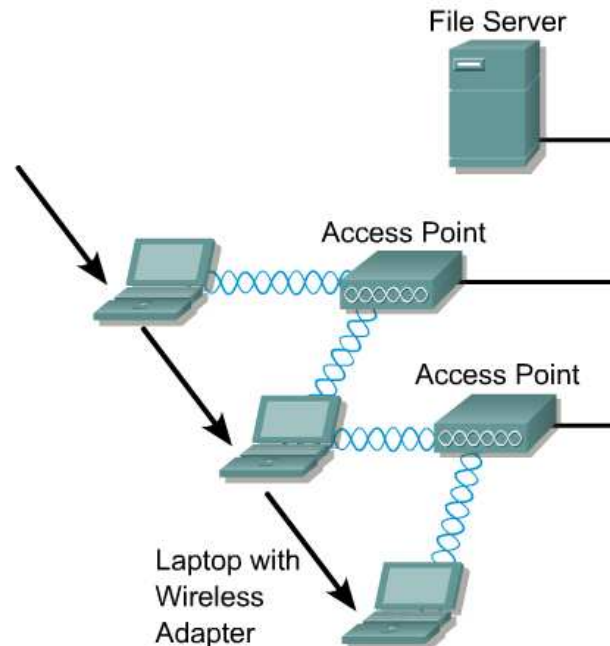


Figura 1.13: Roaming a través de la red inalámbrica. [11]

A medida que un cliente hace roaming a través de la red inalámbrica, debe establecer y mantener una asociación con un Access Point.

Los siguientes pasos se toman para asegurar un roaming sin fisuras:

- El cliente envía una solicitud de asociación e inmediatamente recibe una respuesta proveniente de todos los puntos de acceso dentro de su área de cobertura.
- El cliente decide a que Access Point asociarse basándose en la calidad y en la fuerza de la señal y en la cantidad de usuarios asociados, y en la cantidad de saltos requeridos para llegar al backbone.
- Una vez establecida una asociación, la dirección de Control de Acceso al Medio (MAC) del cliente recae en la tabla del punto de acceso seleccionado. Si el cliente encuentra dificultades, hará roaming para otro Access Point. Si no se dispone de otro punto de acceso, el cliente bajará

su velocidad de transmisión de datos e intentará mantener la conexión.

- Una vez que un cliente hace roaming a otro punto de acceso, su dirección MAC recae en la tabla del nuevo Access Point, que envía un mensaje broadcast¹ que básicamente enuncia que recibió la "dirección MAC X".
- El Access Point original envía cualquier dato que tuviera para el cliente al otro punto de acceso, que responde enviándolo al cliente.

Es necesario considerar los siguientes dos factores al diseñar una WLAN con capacidades de roaming sin fisuras que se activa al desplazarse de un punto a otro:

- La cobertura debe ser suficiente para toda la ruta.
- Una dirección IP consistente deberá estar disponible a lo largo de toda la ruta. La subred IP para cada punto de acceso podría encontrarse en diferentes switches y estar separada por dispositivos de Capa 3². De ser así, considere la utilización de tecnologías de conmutación de Capa 2³ como 802.1q⁴, para cruzar o interconectar las VLANs⁵. Esto ayudará a asegurar que exista un único dominio de broadcast para todos los Access Points. [11]

¹Broadcast: transmisión de los paquetes que serán recibidos por todos los dispositivos en una red.

²Dispositivos de Capa 3: Hacen pasar paquetes de datos entre redes tomando como base la información de capa 3. Estos cumplen con el enrutamiento.

³ Dispositivos Capa 2: : Trabajan con direcciones MAC

⁴802.1q: : también conocido como **dot1Q**, un mecanismo que permite a múltiples redes compartir de forma transparente el mismo medio físico, sin problemas de interferencia entre ellas (*Trunking*)

⁵VLAN: una red de área local que agrupa un conjunto de equipos de manera lógica y no física.

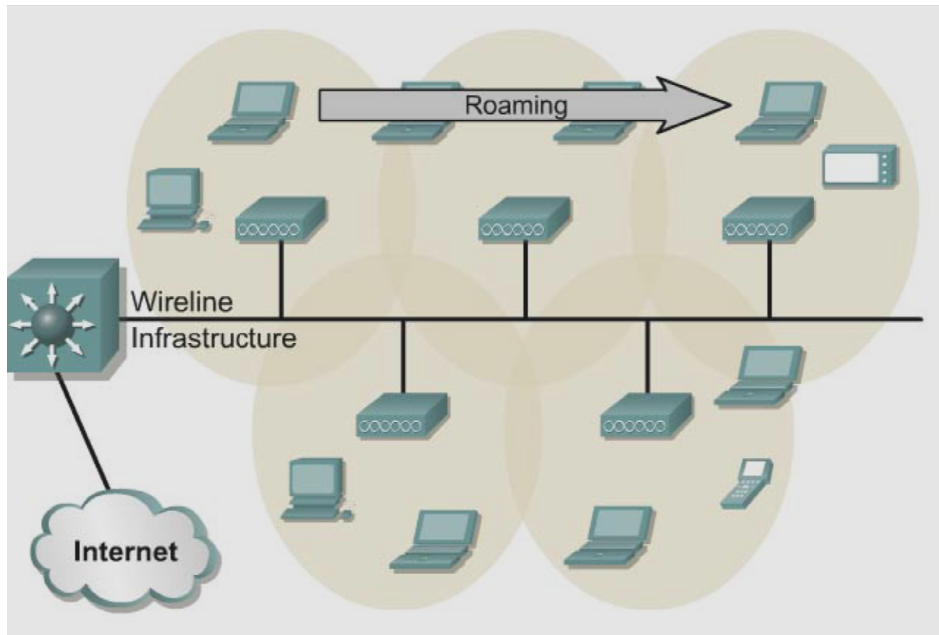


Figura 1.14: Roaming a través de las subredes. [11]

1.4 SEGURIDAD PARA REDES WI-FI.



Figura 1.15: Logo Red Asegurada. [13]

1.4.1 REQUISITOS DE SEGURIDAD PARA REDES WI-FI

El acceso sin necesidad de cables, lo que hace tan populares a las redes inalámbricas, es a la vez el problema más grande de este tipo de redes en cuanto a seguridad se refiere. Los problemas de escuchas ilegales, acceso no autorizado, usurpación y suplantación de identidad, interferencias aleatorias,

denegación de servicio (DoS), ataques, etc., se originan por la mala arquitectura o método de seguridad implantado en la red inalámbrica.

Para poder considerar una red inalámbrica como segura, debe cumplir con los siguientes requisitos generales:

- Las ondas de radio deben confinarse tanto como sea posible, empleando antenas direccionales y configurando adecuadamente la potencia de transmisión de los Puntos de Acceso.
- Debe existir algún mecanismo de autenticación en doble vía, que permita al cliente verificar que se está conectando a la red correcta, y a la red constatar que el cliente está autorizado para acceder a ella.
- Los datos deben viajar cifrados por el aire, para evitar que equipos ajenos a la red puedan capturar datos mediante escucha pasiva. [14]

1.4.2 SSID

El SSID es una cadena de 1 a 32 caracteres del Código Estándar Americano para el Intercambio de Información [American Standard Code for Information Interchange (ASCII)] que puede ser ingresada en los clientes y en los Access Points. [11]

Como uno de los primeros niveles de seguridad que se pueden definir en una red inalámbrica podemos citar al SSID (*“Service Set Identifier”* o identificador del servicio). Aunque se trata de un sistema muy básico, este identificador permite establecer o generar, tanto en la estación cliente como en el Punto de Acceso, redes lógicas que interconectarán a una serie de clientes.

Normalmente, los Puntos de Acceso difunden su SSID para que cada cliente pueda ver los identificadores disponibles y realizar la conexión a alguno de ellos simplemente seleccionándolos. Pero también se puede inhabilitar la difusión de este SSID en el Punto de Acceso, para de este modo dificultar el descubrimiento de la red inalámbrica por parte de personas no autorizadas para su uso.

1.4.3 FILTRADO DE DIRECCIONES MAC

Este método consiste en la creación de una tabla de datos en cada uno de los Puntos de Acceso de la red inalámbrica. Dicha tabla contiene las direcciones MAC de las tarjetas de red inalámbricas que pueden acceder o denegar la comunicación de datos con un Punto de Acceso.

Como ventaja principal de este método es su sencillez, por lo cual se puede usar para redes caseras o pequeñas. Sin embargo, posee muchas desventajas que lo hacen impráctico para uso en redes medianas o grandes. [15]

En ciertos casos, la autenticación de direcciones MAC puede suplementar las características de seguridad, pero no debería ser nunca el método principal de seguridad inalámbrica [11].

1.4.4 WEP (WIRED EQUIVALENT PRIVACY)

El algoritmo WEP forma parte de la especificación 802.11, y se diseñó con el fin de proteger los datos que se transmiten en una conexión inalámbrica. WEP opera a nivel 2 del modelo OSI¹ y es soportado por la gran mayoría de fabricantes de soluciones inalámbricas.

El funcionamiento del cifrado WEP establece una clave secreta en el Punto de Acceso que es compartida con los diferentes dispositivos móviles Wi-Fi. Con esta clave de 40 ó de 104 bits, con el algoritmo de encriptación RC4² y con el Vector de Inicialización (IV)³ se realiza el cifrado de los datos transmitidos por Radio Frecuencia.

¹Nivel 2 OSI: El **nivel de enlace de datos**, es la segunda capa del modelo OSI, el cual es responsable de la transferencia fiable de información a través de un circuito de transmisión de datos.

²RC4: El algoritmo de encriptación

³IV: es un bloque de bits que es requerido para permitir un cifrado en flujo o un cifrado por bloques, en uno de los modos de cifrado.

Las principales debilidades del protocolo WEP son tres:

- El Vector de Inicialización es demasiado corto (24 *bits*) ocasionando problemas de transmisión en redes inalámbricas con mucho tráfico.
- Las claves WEP que se utilizan son estáticas y se deben cambiar manualmente.
- No se tiene un sistema de control de secuencia de paquetes. Los paquetes de información pueden ser modificados. [15]

1.4.5 AUTENTICACIÓN CON IEEE 802.1X

El 802.1X es un protocolo de control de acceso y autenticación basado en la arquitectura cliente/servidor, que restringe la conexión de equipos no autorizados a una red.

Este protocolo permite la autenticación de equipos y/o usuarios antes de que éstos puedan conectarse a una red cableada o inalámbrica. La autenticación se realiza con el Protocolo de Autenticación Extensible (EAP¹, *Extensible Authentication Protocol*) y con un servidor de tipo RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Services*).

El protocolo 802.1X involucra tres elementos:

- El suplicante o equipo del cliente, que desea conectarse con la red. Es una aplicación cliente que suministra las credenciales del usuario.
- El servidor de autorización/autenticación (RADIUS), que contiene toda la información necesaria para saber cuáles equipos y/o usuarios están autorizados para acceder a la red.
- El autenticador, que es el equipo de red (Punto de Acceso, *switch*, *router*, etc.) que recibe la conexión del suplicante. El autenticador actúa como intermediario entre el suplicante y el servidor de autenticación;

¹ EAP: protocolo que actúa como intermediario entre un solicitante y un motor de validación permitiendo la comunicación entre ambos

solamente permite el acceso del suplicante a la red cuando el servidor de autenticación así lo autoriza.

La autenticación 802.1X es un proceso de múltiples pasos que involucra al cliente o suplicante, un Punto de Acceso o autenticador, un servidor RADIUS o de autenticación y generalmente una base de datos [15].

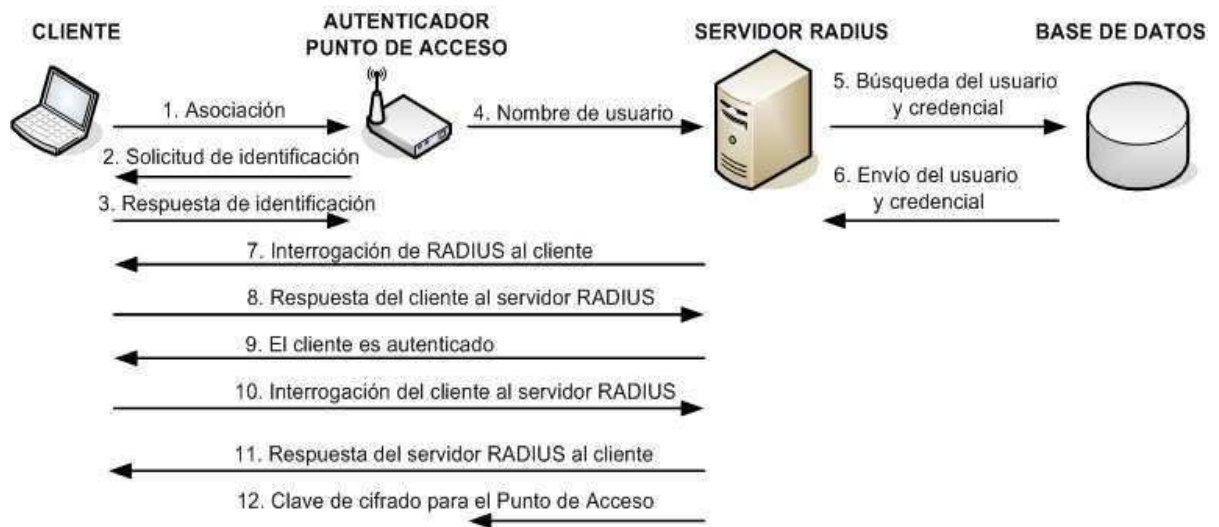


Figura 1.16: Mecanismo de Autenticación con 802.1X [15]

1.4.6 WPA (WI-FI PROTECTED ACCESS)

Los mecanismos de encriptación WPA y WPA2 se desarrollaron para solucionar las debilidades detectadas en el algoritmo de encriptación WEP. El nombre de WPA (*Wi-Fi Protected Access*, Acceso Protegido *Wi-Fi*) es el nombre comercial que promueve la *Wi-Fi Alliance*, las especificaciones y consideraciones técnicas se encuentran definidas en el estándar IEEE 802.11i¹.

¹ 802.11i: incluye protocolos de gestión de claves y mejoras de cifrado y autenticación con IEEE 802.1X. Está dirigido a superar la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar abarca los protocolos 802.1x, TKIP (Protocolo de Claves Integra – Seguras – Temporales), y AES (Estándar de Cifrado Avanzado). Se implementa en WPA2.

El estándar 802.11i especifica dos nuevos protocolos de seguridad TKIP (*Temporary Key Integrity Protocol*, Protocolo de Integridad de Claves Temporales) y CCMP (AES) (*Counter Mode CBC-MAC*, Protocolo de Modo Contador con CBC-MAC) [15]. TKIP se diseñó para ser compatible hacia atrás con el *hardware* existente, mientras que CCMP se diseñó desde cero.

Para solucionar los inconvenientes de WEP la *Wi-Fi Alliance* decidió implementar dos soluciones de seguridad:

- Una solución rápida y temporal para todos los dispositivos inalámbricos ya instalados hasta el momento, especificando al estándar comercial intermedio WPA.
- Una solución más definitiva y estable para aplicar a nuevos dispositivos inalámbricos, especificando al estándar comercial WPA2. [15]

1.4.6.1 WPA Versión 1 (WPA)

WPA se fundamenta en el protocolo de cifrado TKIP, este protocolo se basa en el tercer borrador de 802.11i publicado a mediados del 2003.

TKIP se encarga de cambiar la clave compartida entre el Punto de Acceso y el cliente cada cierto tiempo, para evitar ataques que permitan revelar la clave [15].

TKIP utiliza el algoritmo RC4 para realizar la encriptación, que es lo mismo que el WEP. Sin embargo, una gran diferencia con el WEP es que el TKIP cambia las claves temporales cada 10.000 paquetes. Esto proporciona un método de distribución dinámico, lo que mejora significativamente la seguridad de la red [11].

Las mejoras a la seguridad introducidas en WPA son:

- Se incrementó el Vector de Inicialización (IV) de 24 a 48 *bits*.
- Se añadió la función MIC (*Message Integrity Check*, Chequeo de Integridad de Mensajes) para controlar y detectar manipulaciones de los paquetes de información.

- Se reforzó el mecanismo de generación de claves de sesión. [15]

1.4.6.2 WPA Versión 2 (WPA2)

WPA2 es el nombre comercial de la *Wi-Fi Alliance* a la segunda fase del estándar IEEE 802.11i dando una solución de seguridad de forma definitiva. WPA2 utiliza el algoritmo de encriptación AES (*Advanced Encryption Standard*, Estándar de Encriptación Avanzado) el cual es un código de bloques que puede funcionar con muchas longitudes de clave y tamaños de bloques¹.

WPA2 se fundamenta en el protocolo de seguridad de la capa de enlace basado en AES denominado CCMP, el cual es un modo de funcionamiento combinado en el que se utiliza la misma clave en el cifrado para obtener confidencialidad, así como para crear un valor de comprobación de integridad criptográficamente segura.

Para la implementación de CCMP se realizaron algunos cambios en los paquetes de información como por ejemplo en las tramas *beacon*², tramas de asociación e integración, etc [15].

1.4.7 VPNs INALÁMBRICAS

Sin embargo, para conseguir que el nivel de confianza en las WLAN se equipare a las redes cableadas, algunos usuarios han optado por otra alternativa para reforzar la seguridad, implementando soluciones de seguridad de red convencionales adaptadas al entorno wireless.

En este modelo, es donde entran en juego el establecimiento de túneles IPSec (*Internet Protocol Security*). Este mecanismo, que asegura el tráfico de datos por

¹AES es un código flexible que puede trabajar con claves de 128 *bits* y bloques de 129 *bits*. AES especifica tres tamaños de claves, que son 128, 192 y 256 bits. Utiliza el Algoritmo Rijndael

²Beacon: Un punto de acceso envía tramas beacon periódicamente para difundir su presencia y la información de la red, el SSID, etc. A las estaciones clientes en su radio de cobertura. Las tramas beacon contienen la información necesaria para identificar las características de la red y poder conectar con el punto de acceso deseado.

una VPN (*Virtual Private Network*), utiliza algoritmos para la encriptación de datos, otros algoritmos para la autenticación de paquetes y certificados digitales para la validación de los usuarios. Debido a ello, se empieza a recomendar como solución idónea para responder a las necesidades actuales de seguridad en las redes inalámbricas, la combinación de las VPNs (IPSec) con el estándar 802.1x. [16]

1.4.8 VLANs

Una red de área local virtual (VLAN) es una red conmutada que está segmentada en forma lógica por funciones, equipos de proyectos o aplicaciones en lugar de estarlo en forma física o geográfica. Por ejemplo, todas las estaciones de trabajo y los servidores usados por un grupo de trabajo en particular puede estar conectado a la misma VLAN, sin importar sus conexiones físicas a la red o el hecho de que puedan estar entremezclados con otros equipos. Se utiliza VLAN para reconfigurar la red a través de software en lugar de hacerlo físicamente desconectando y moviendo dispositivos o cables [11].

Una VLAN puede imaginarse como un dominio de broadcast que existe dentro de un conjunto definido de switches. Una VLAN consiste en una cantidad de sistemas terminales, hosts o equipos de red (como bridges y routers), conectados por un único dominio de bridging¹. El dominio de bridging está soportado en varios equipos de red como switches LAN que ejecutan protocolos de bridging entre ellos con un grupo separado para cada VLAN. Las VLANs proporcionan los servicios de segmentación tradicionalmente proporcionados por los routers en las configuraciones LAN.

Las VLANs se pueden utilizar en algunos equipos inalámbricos para separar el tráfico, como lo muestran la Figura 1.17. Esto puede ser útil para separar clientes WEP o con otro tipo de encriptación de una VLAN que no está usando ninguna encriptación. Cuando están correctamente configuradas, las VLANs son seguras.

¹Bridging: Proceso de enviar tramas de un puerto a otro o de segmento a segmento.

El tráfico de una VLAN no puede atravesar otra VLAN. Los SSID pueden utilizarse junto con las VLANs para permitir un acceso limitado a los invitados. Las VLANs pueden ser creadas usando la página de configuración de servicios VLAN.

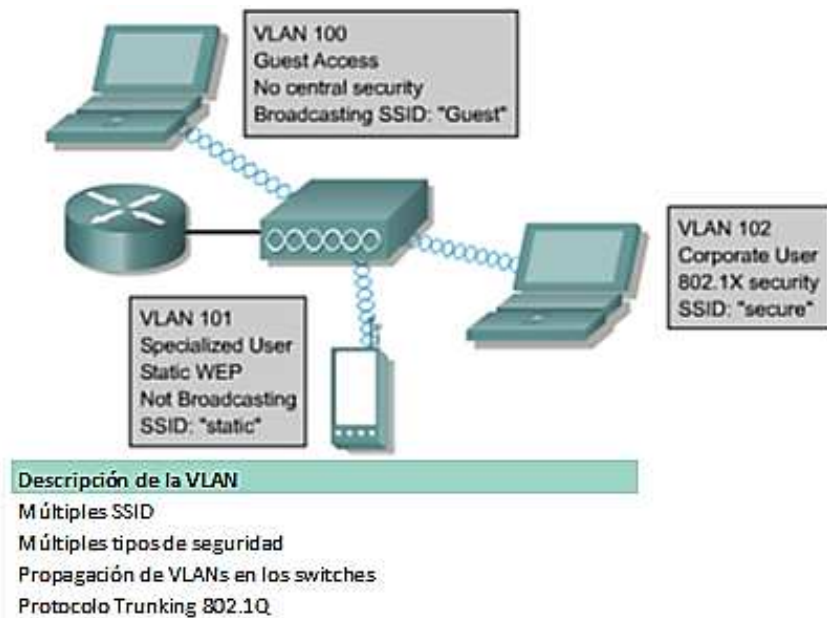


Figura 1.17: Utilización de VLANs en la red inalámbrica [11].

1.4.8.1 Servicios de las VLANs

Las VLANs dirigen la escalabilidad, la seguridad y la administración de la red. Considere varios temas claves cuando diseñe y construya redes LAN conmutadas [11]:

- Segmentación de la LAN
- Seguridad
- Control de broadcast
- Rendimiento
- Administración de la red
- Comunicación entre VLANs

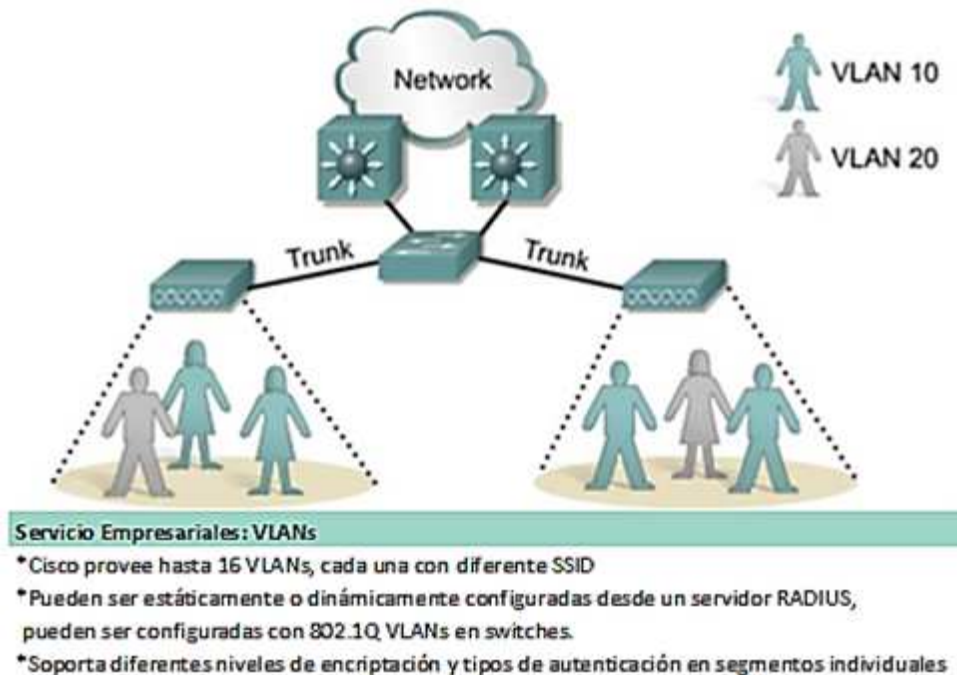


Figura 1.18: Servicios de las VLANs [11].

1.4.9 MODALIDADES DE OPERACIÓN

Según la complejidad de la red, un Punto de Acceso compatible con WPA o WPA2 puede operar en dos modalidades:

- Modalidad de Red Empresarial, para operar en esta modalidad se requiere de la existencia de un servidor RADIUS en la red. El Punto de Acceso emplea entonces 802.1X y EAP para la autenticación, y el servidor RADIUS suministra las claves compartidas que se usarán para cifrar los datos.
- Modalidad de Red Personal o PSK (*Pre-Shared Key*), tanto WPA como WPA2 operan en esta modalidad cuando no se dispone de un servidor RADIUS en la red. Se requiere entonces introducir una contraseña compartida en el Punto de Acceso y en los dispositivos móviles. Solamente podrán acceder al Punto de Acceso los dispositivos móviles cuya contraseña coincida con la del Punto de Acceso. Una vez lograda la asociación, TKIP entra en funcionamiento para garantizar la seguridad del acceso [15].

Característica	WEP	WEP más 802.1X	WPA	WPA2
Identificación	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina	Usuario y/o máquina
Autenticación	Clave compartida	EAP	EAP o pre-clave compartida ¹	EAP o pre-clave compartida
Integridad	32bitsICV	32bitsICV	64bitsMIC	Modo contador, cambia el valor del bloque.
Forma de Encriptación	Claves estáticas	Claves por sesión	Claves por paquete de rotación vía TKIP	CCMP-AES
Clave de Distribución	Una vez de forma manual	Segmentado de PMK	Derivado de PMK	Derivado de PMK
Vector de Inicialización (IV)	Texto plano, 24bits	Texto plano, 24bits	Extendido de 64 bits	48 bits por Número de Paquete (PN, Packet Number)
Algoritmo de Encriptación	RC4	RC4	RC4	AES
Tamaño de la Clave	64/128bits	64/128bits	128bits	128bits
Soporte de Infraestructura	Ninguna	RADIUS	RADIUS	RADIUS

Tabla 1.3: Estándares de Seguridad para redes inalámbricas Wi-Fi [15]

1.4.9.1 Políticas de Seguridad

Las políticas de seguridad más relevantes que se deben establecer dentro de una red inalámbrica *Wi-Fi* son:

- Verificar que los usuarios sean capacitados en el uso de la tecnología *Wi-Fi* y conozcan los riesgos asociados con su utilización.
- Cambiar el SSID por defecto.
- Verificar que el SSID no contenga datos de la organización.
- Políticas de instalación de parches y actualizaciones en los dispositivos inalámbricos.

¹WPA y WPA2 utilizan una pre-clave compartida cuando su modo de operación es PSK o modo de red personal, mientras que utilizan EAP cuando el modo de operación es empresarial incluyendo una arquitectura de autenticación 802.1X

- Mantenimiento continuo de los Puntos de Acceso y controladores.
- Políticas de contraseñas y claves para Puntos de Acceso y usuarios inalámbricos.
- Políticas de configuración y *backups*¹ de los Puntos de Acceso.
- Auditorias periódicas de todos los dispositivos inalámbricos *Wi-Fi* instalados.
- Monitoreo y reconocimiento periódico del recurso de Radio Frecuencia.

La seguridad informática no solo se logra con tecnología, también las políticas de seguridad, los procedimientos y la capacitación de los usuarios inalámbricos desempeñan un papel fundamental [15].

1.5 RADIO CISCO AIRONET 1250 SERIES ACCESS POINT

1.5.1 INFORMACIÓN GENERAL

Dispositivo que conecta los terminales inalámbricos a una red, transmitiendo las señales entre los dispositivos inalámbricos o haciendo de puente entre las redes convencionales y las inalámbricas.

El Cisco Aironet 1250 Series es un Punto de Acceso de clase 802.11n diseñado para ambientes desafiantes. Este Punto de Acceso soporta velocidades de datos de hasta 600 Mbps para proporcionar a los usuarios un servicio confiable asegurando la información, para aplicaciones de datos, voz y vídeo.

¹ Backups: Una **copia de seguridad** o **backup**, el proceso de copia de seguridad - con el fin de que estas copias adicionales puedan utilizarse para restaurar el original después de una eventual pérdida de datos.



Figura 1.19: Radio Cisco Aironet 1250 [17].

El Cisco Aironet 1250 Series Access Point está disponible en configuración autónomo y ligero¹.

- Los Puntos de Acceso autónomos pueden soportar configuraciones independientes de la red, dispone de la inteligencia para funcionar como componente independiente sin un controlador.
- Los Puntos de Acceso ligeros operan en conjunción con un controlador de LAN inalámbrica de Cisco, con toda la información de configuración mantenida dentro del controlador.

El Punto de Acceso de la serie 1250 con una certificación Wi-Fi, soporta dos módulos de radio²: un radio de 2,4 GHz y un radio de 5 GHz basados en la versión Draft 2.0 IEEE 802.11n.

Puede configurar los radios por separado, con una configuración diferente en cada uno. El Punto de Acceso conecta las redes inalámbricas y las redes por cable. En grandes instalaciones, los usuarios inalámbricos dentro del alcance de

¹ autónomas y ligero: nombre que da CISCO a los modos de operación de los Access Point autónomo: sin controlador, ligero: con controlador.

² Módulo de tres antenas, pueden ser de 2,4GHz o de 5GHz.

radio de un Punto de Acceso pueden moverse a través de una instalación, manteniendo un acceso constante a la red [17].

1.5.2 PUNTO DE ACCESO LIGERO

El Punto de Acceso ligero (modelo AIR-LAP1252) es parte de la solución Cisco de red inalámbrica integrada y no requiere configuración manual antes de ser montado. El Punto de Acceso Ligero se configura automáticamente por un Cisco Wireless LAN Controller mediante el Protocolo Punto de Acceso Ligero (LWAPP¹).

El controlador administra la configuración, el firmware² y las transacciones de los controles, tales como la autenticación 802.1x. Además, todo el tráfico inalámbrico pasa a través del controlador.

En un entorno LWAPP, un Punto de Acceso Ligero descubre un controlador mediante el uso de mecanismos de descubrimiento y luego envía una solicitud de LWAPP unión. El controlador envía al Punto de Acceso Ligero una respuesta LWAPP unión que permite al Punto de Acceso unirse a la controladora. Cuando el Punto de Acceso se une, el punto puede acceder a descargas de su software si este amerita una actualización. [17]

Para tener una arquitectura de red inalámbrica centralizada, de tal forma que permita la administración y configuración de todos los Puntos de Acceso instalados en la empresa es indispensable que los Puntos de Acceso soporten el Protocolo LWAPP [15].

Básicamente este protocolo crea un túnel de comunicación entre el AP LWAPP y el controlador de Puntos de Acceso WLC.

¹ LWAPP: Protocolo para gestión de Puntos de Acceso ligeros.

² Firmware: Software o IOS de un dispositivo.

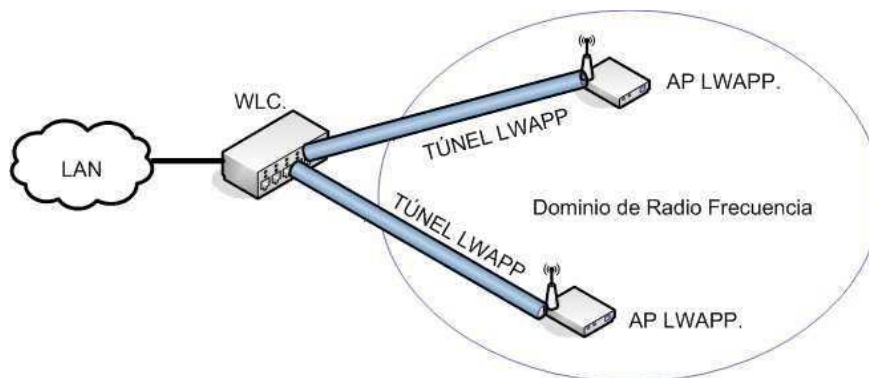


Figura 1.20: Túnel de comunicación entre los AP LWAPP y el WLC [15].

La principal característica del protocolo LWAPP es el concepto del *Split MAC*¹ donde parte del tráfico de datos del estándar 802.11 es manejada por el APLWAPP y otra por el WLC a través de un túnel de comunicación [15].

Dispositivo	Tipo de tráfico 802.11 manipulado
APLWAPP	Transmisión de tramas <i>beacon</i> . Transmisión de tramas del cliente en modo de ahorro de energía. Monitoreo de otros Puntos de Acceso. Encriptación y Desencriptación de tramas 802.11.
WLC	Tramas de Autenticación. Tramas de Asociación y Desasociación. Procesos de seguridad con 802.1X/EAP Tramas de translación y enlace.

Tabla 1.4: Tipo de Tráfico 802.11 manipulado por el APLWAPP y el WLC [15]

1.5.3 CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE

Las principales características de hardware del Punto de Acceso son:

- Dos ranuras de módulo de radio, una de 2.4Ghz y otra de 5Ghz.
- Puerto Ethernet y puerto de consola.

¹ Split MAC: término utilizado para la división de responsabilidades del Controlador y del Punto de Acceso.

- LED.
- Fuentes de alimentación múltiples.
- Características antirrobo.

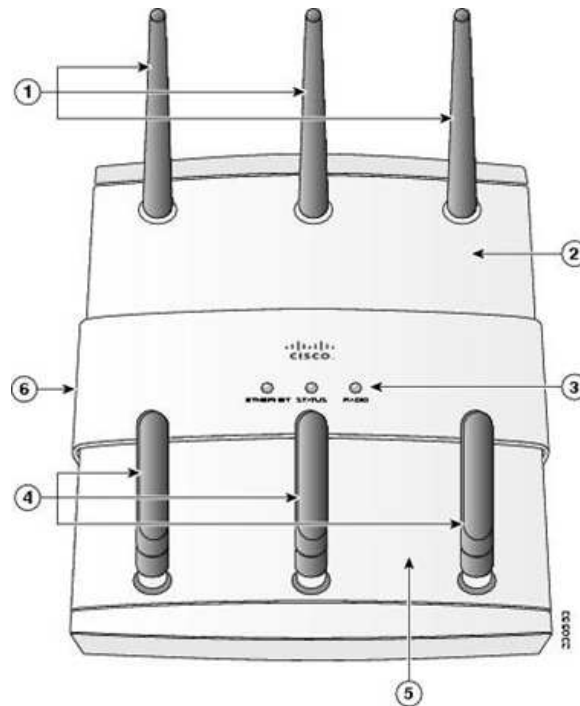


Figura 1.21 Punto de acceso con módulos de radio de 2,4 GHz y 5 GHz [17].

1	Antenas de radio de 2,4GHz	4	Antenas de radio de 5GHz
2	Módulo de la ranura 0 (módulo de radio de 2,4GHz)	5	Módulo de la ranura 1 (módulo de radio de 5GHz)
3	LED	6	Ranura para cable de seguridad

Tabla 1.5 Módulos de radio del Cisco Aironet 1250 [17]

1.5.3.1 Dos ranuras de módulo de radio, una de 2.4Ghz y otra de 5Ghz.

El punto de acceso es compatible con dos tipos de módulos:

- Un Módulo de radio de 2,4 GHz y tres conectores de antena.
- Un Módulo de radio de 5GHz y tres conectores de antena (identificados con etiquetas de color azul).

1.5.3.1.1 Operación Simple o Doble.

El Punto de Acceso es compatible con radio dual¹ o único² utilizando módulos de radio de 2,4 GHz y 5 GHz. Cada módulo de radio contiene un sistema integrado con tres conectores de antena.

- El radio de 2.4 GHz es compatible con los estándares de operación 802.11b, 802.11g, 802.11n. Es compatible con 1 o 2 antenas de transmisión y hasta 3 antenas de recepción.
- El radio de 5 GHz es compatible con los estándares de operación 802.11a y 802.11n. Soporta 1 o 2 antenas de transmisión y hasta 3 antenas de recepción.

El módulo de radio de 2,4 GHz es compatible con:

- Una sola antena de transmisión: 802.11b
- Una sola antena de transmisión: 802.11g
- Antenas de transmisión dual: 802.11n HT-20 MHz o 40MHz.

El módulo de radio de 5 GHz es compatible con:

- Una sola antena de transmisión: 802.11a
- Antenas de transmisión dual: 802.11n HT-20 MHz o 40 MHz.

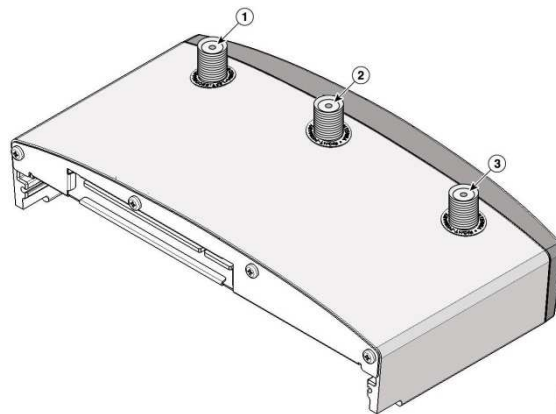


Figura 1.22: Módulo de radio [17]

¹Dual significa que trabaja con un arreglo de antenas puede ser dos o más antenas de transmisión y dos o más de recepción.

²Único significa que trabaja con una sola antena en el módulo de radio, ya sea de 2,4 o de 5GHz.

1	Conector de antena (A-Tx/Rx)	3	Conector de antena (B-Tx/Rx)
2	Conector de antena (C-Rx)		

Tabla 1.6: Antenas de TX - RX en el Módulo de radio.

1.5.3.2 Funcionamiento de los LED.

El Punto de Acceso tiene tres LED para indicar la actividad de Ethernet, la actividad de radio e indicaciones de estado.

- El LED de estado indica el estado de funcionamiento general y las indicaciones de error.
- El LED de señales Ethernet indica sobre la red LAN Ethernet y proporciona indicaciones de error de Ethernet.
- El LED de radio informa sobre las señales de los paquetes inalámbricos que están siendo transmitidos o recibidos a través del interfaz de radio y proporciona indicaciones de error. [17]

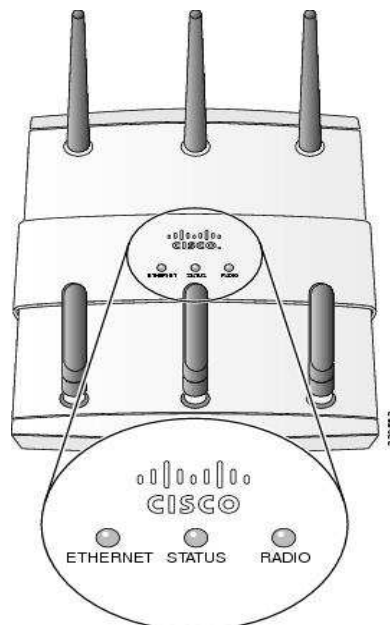


Figura 1.23: Indicadores LED del Access Point Cisco Aironet 1250 [17].

1.5.3.3 Puerto Ethernet

El puerto Ethernet está situado en la parte inferior de la unidad, en el área de conectores del Punto de Acceso. El puerto Ethernet realiza una detección automática de velocidad para conectar el Punto de Acceso a la LAN a una velocidad de 10BASE-T, 100BASE-T, o 1000BASE-T. La interfaz Ethernet también realiza una detección automática del cable, ya sea este directo o cruzado y se ajusta adecuadamente.

El Punto de Acceso puede recibir alimentación a través del puerto Ethernet mediante dos formas:

- Utilizando un inyector de energía.
- A través de POE (Power Over Ethernet), que es especificado por el estándar IEEE 802.3af, cuando el puerto Ethernet al que se conecte tenga esta característica. [17]

1.5.3.4 Puerto de consola

El puerto de consola está situado en la parte inferior de la unidad en el área de conectores del Punto de Acceso. El puerto de consola permite acceder a la interfaz de línea de comandos del Punto de Acceso (CLI) con un programa emulador de terminal¹.

Se utiliza un conector RJ-45 a DB-9² para conectar el puerto COM del ordenador al puerto de consola del Access Point.

¹Programa emulador de terminal: es un programa informático que simula el funcionamiento de un terminal de computadora en cualquier dispositivo de visualización.

² RJ-45 a DB-9: cable utilizado para la conexión a la consola del dispositivo.

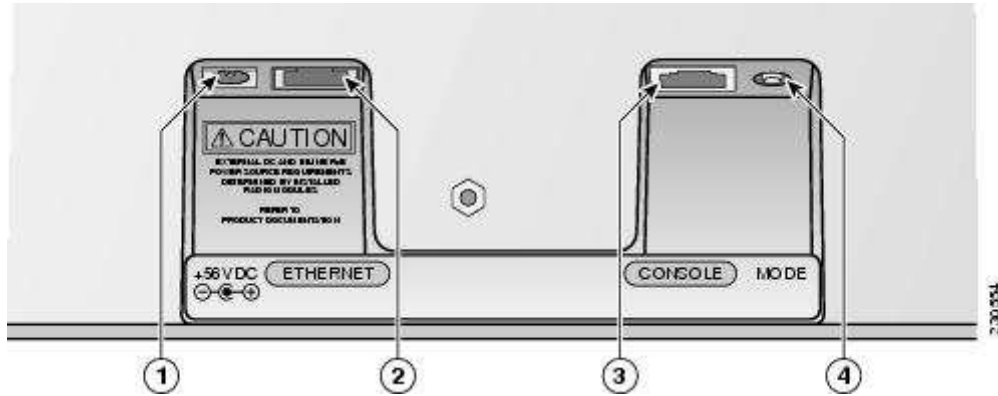


Figura 1.24: Área de conectores en el Access Point. [17]

1	DC conector de alimentación (56 VCC)	3	Puerto de consola (conector RJ-45)
2	Puerto Ethernet (RJ-45)	4	Botón MODE

Tabla 1.7 Área de conectores del Access Point. [17]

1.6 WIRELESS LAN CONTROLLER 5500 CISCO (WLC)

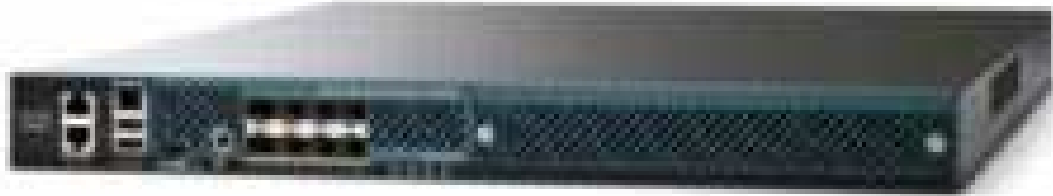


Figura 1.25: Cisco 5500 Series Wireless LAN Controller [18].

1.6.1 INFORMACIÓN GENERAL

Los controladores de Puntos de Acceso son fundamentales en una arquitectura de red inalámbrica empresarial, Cisco promueve su serie de dispositivos *Wireless LAN Controller* (WLC) escalable y dimensionable para cada empresa.

La solución de *Cisco WLC* permite un control total en los recursos de radiofrecuencia en lo referente a: seguridad, cobertura, *roaming*, QoS, movilidad, etc.

Sin embargo, todos los Puntos de Acceso deben estar configurados con soporte de LWAPP (*Lightweight APs*, Puntos de Acceso Ligero) y no de manera independiente (*Autonomous APs*, Puntos de Acceso Autónomos) [15].

La serie 5500 es compatible con una mayor densidad de clientes y con mayor capacidad de roaming, con un mínimo de nueve veces el rendimiento de los actuales 802.11a / g.

Diseñado para trabajar con tecnología 802.11n ofreciendo rendimiento y escalabilidad máxima, además nos brinda:

- Mayor seguridad RF.
- La capacidad de gestionar de forma simultánea hasta 250 puntos de acceso y 7000 clientes inalámbricos.
- Rendimiento superior para streaming¹ de vídeo fiable y de calidad de voz.
- Mejora la recuperación de fallos para una movilidad constante en los entornos más exigentes.

1.6.2 REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO

El requisito primordial es que la comunicación entre Wireless LAN Controller y los Access Points Ligeros debe ser mediante un dispositivo de capa 2, si está en la misma subred. Cuando están en diferentes subredes se necesita que estén comunicados a través de un dispositivo de capa 3. Otro requisito es que las direcciones IP de los Puntos de Acceso deben ser asignadas de forma estática o dinámica, por un servidor DHCP externo.

¹ Streaming: se trata de una corriente continua (sin interrupción).

1.6.3 REQUISITOS DE CONFIGURACIÓN

Primero se debe realizar una configuración inicial que pedirá el controlador al momento de encenderlo.

Cuando se opera el Cisco Wireless LAN Controller en el modo de capa 2 o 3, se debe configurar una interfaz de administración o gestión (management interface) para controlar las comunicaciones de Capa 2.

Se debe crear diferentes SSID de servicio con las llamadas interfaces dinámicas que son asociadas a un segmento de red. Aquí entra el direccionamiento y VLAN.

De antemano se pone en conocimiento que en el WLC 5500 no es necesario crear una AP-manager porque la interfaz de administración cumple con las obligaciones de la interfaz AP-manager.

1.6.4 CARACTERÍSTICAS DEL HARDWARE

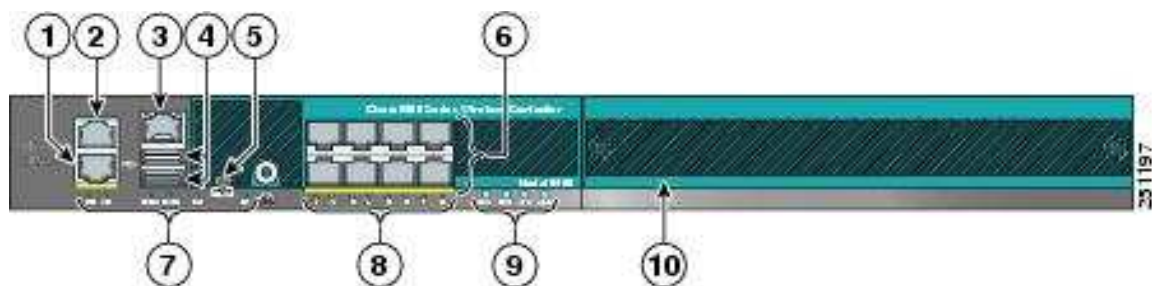


Figura 1.26: Puertos e indicadores LED en el Wireless LAN Controller Cisco 5500. [18]

1	Puerto redundante para un uso futuro (RJ-45)	6	SFP ¹ (transceptor) Puertos de distribución 1-8
2	Servicio de puerto (RJ-45)	7	LED de gestión del puerto
3	Puerto de consola (conector RJ-45)	8	LED de actividad de los puertos de distribución.
4	Puertos USB 0 y 1 (Tipo A)	9	LED de Fuente de alimentación (PS1 y PS2), sistema (SYS), y de alarma (ALM)
5	Puerto de consola (mini USB tipo B)	10	Ranura de expansión del módulo.

Tabla 1.8: Puertos e indicadores LED en el Wireless LAN Controller Cisco 5500. [18]

1.6.4.1 Puerto Redundante

Este puerto sirve como Backup cuando se requiere otro camino para llegar a la LAN, se puede decir que es otro puerto de distribución, pero este puerto tiene un conector RJ-45.

1.6.4.2 Puerto de Servicio

Este puerto está destinado a brindar un acceso al equipo cuando todos los otros caminos para ingresar al controlador han fallado, por eso este puerto debe estar en una subred diferente a los demás.

1.6.4.3 Puertos de Acceso a Consola

Se tiene un puerto de consola estándar al igual que el de un Switch; lo que se puede recalcar es que este controlador tiene dos puertos de consola tipo USB uno tipo A y otro tipo B.

Cuando se utilice uno de estos puertos los otros puertos de consola opcionales quedan deshabilitados.

1.6.4.4 Puertos de Distribución

Los controladores Cisco de la serie 5500 tienen 8 puertos Giga Ethernet para el sistema de distribución, con los cuales el controlador puede administrar los Access Point.

¹SFP: factor de forma pequeño conectable (SFP) para comunicación de fibra óptica, transceptores SFP (small form-factor pluggable).

Los puertos Giga Ethernet aceptan estos conectores:

- 1000BASE-T (Gigabit Ethernet, el panel frontal, puerto RJ-45 física, cable UTP).
 - 1000BASE-SX (Gigabit Ethernet, el panel frontal, puerto LC física, multi-modo de 850 nm (SX), enlaces de fibra óptica con conectores LC físicas).
 - 1000BASE-LX (Ethernet Gigabit, panel frontal, LX puerto físico, multi-modo 1300nm (LX / LH) enlaces de fibra óptica con conectores LC físicas).
- [18]

1.6.5 INTERFACES

Una interfaz es una entidad lógica que tiene varios parámetros asociados a ella, como una dirección IP, puerta de enlace predeterminada, el puerto físico primario, puerto físico secundario, el identificador de VLAN, y el servidor DHCP.

Hay cinco tipos de interfaces que están disponibles en el controlador. Cuatro de ellos son estáticos y se configuran en el momento de la instalación:

- Interfaz de gestión (estática y obligatorio)
- Interfaz AP-manager (estática y no es necesario configurar una interfaz AP-manager en controladores de la serie 5500).
- Interfaz Virtual (estático y obligatorio).
- Interfaz de puerto de servicio (estático y opcional).
- Interfaz dinámica (definido por el usuario) [18]

1.6.5.1 Interfaz de Gestión o Administración.

La interfaz de administración es la interfaz por defecto para la gestión dentro de banda del controlador y la conectividad a los servicios empresariales. También se utiliza para las comunicaciones entre el controlador y los Puntos de Acceso. La interfaz de administración es "pingable", es decir se puede hacer "ping" en la dirección IP de la interfaz del controlador. Con esta se puede acceder a la interfaz gráfica de usuario del controlador.

Si el puerto de servicio está en uso, la interfaz de administración debe estar en una superred¹ diferente de la interfaz del puerto de servicio.

No se configura a los clientes con direcciones en la misma VLAN o subred del puerto de servicio de la red. Si se configura clientes en la misma subred o VLAN que el puerto de servicio, no se podrá acceder a la interfaz de gestión. [18]

1.6.5.2 AP-Interface Manager

Un controlador tiene uno o más AP-interfaces manager, que se utilizan para las comunicaciones entre el controlador y los Puntos de Acceso Ligeros de capa 3. La dirección IP AP-manager se utiliza como origen y destino para los paquetes CAPWAP² desde el controlador al Punto de Acceso.

Para los controladores de la serie 5500, no es necesario que se configure una interfaz AP-manager. La interfaz de gestión actúa como una interfaz AP-manager por defecto, y los Puntos de Acceso pueden unirse a esa interfaz. [18]

1.6.5.3 Interfaz Virtual

La interfaz virtual se utiliza para apoyar la gestión de la movilidad, el Protocolo de configuración dinámica de host (DHCP) y la seguridad de capa 3 como la autenticación del cliente web y de terminación de VPN entre otras funciones.

En concreto, la interfaz virtual desempeña estas dos funciones principales:

- Actúa como marcador de posición del servidor DHCP para los clientes inalámbricos que obtienen su dirección IP de un servidor DHCP.
- Sirve como el redirector de la dirección de la página web de inicio de sesión de autenticación.

¹Superred: es una red IP que está formada por la combinación de dos o más redes o subredes. Es una ruta sumariada, donde la máscara de esta es menor o igual a la máscara de la red más corta que se sumarió.

²CAPWAP: es sinónimo de control y aprovisionamiento de los puntos de acceso inalámbricos. Es un protocolo estándar, interoperable que permite a un controlador gestionar una colección de puntos de acceso inalámbricos, y utiliza puertos UDP 5246 y 5247

La dirección IP de la interfaz virtual se utiliza sólo en las comunicaciones entre el controlador y los clientes inalámbricos. Nunca aparece como la dirección de origen o destino de un paquete que sale de un puerto de red de distribución y en la red conmutada. Para que el sistema funcione correctamente, la dirección IP de la interfaz virtual debe ser configurada (no puede ser 0.0.0.0), y ningún otro dispositivo en la red puede tener la misma dirección que la interfaz virtual. Por lo tanto, la interfaz virtual se debe configurar con una dirección del gateway no utilizado. La dirección IP de la interfaz virtual no es pingable y no debe existir en ninguna tabla de enrutamiento en la red. [18]

1.6.5.4 Interfaz Puerto de Servicio

El puerto de servicio puede obtener una dirección IP mediante DHCP, o se le puede asignar una dirección IP estática, pero una puerta de enlace predeterminada no puede ser asignada a la interfaz de servicio del puerto.

El controlador 5500 tiene un puerto de servicio de cobre Ethernet 10/100. El puerto de servicio está reservado para la administración fuera de banda del controlador, la recuperación y mantenimiento del sistema en caso de un fallo en la red. También es el único puerto que está activo cuando el controlador está en modo de arranque. El puerto de servicio no es capaz de llevar etiquetas 802.1Q, por lo que debe ser conectado a un puerto de acceso en un Switch vecino. El uso del puerto de servicio es opcional. [18]

1.6.5.5 Interfaz Dinámica

Interfaces dinámicas, también conocidas como interfaces VLAN, son creadas por los usuarios y diseñadas para ser similar a las VLANs para clientes inalámbricos LAN. Un controlador puede soportar hasta 512 interfaces dinámicas (VLAN). Cada interfaz dinámica está configurada de forma individual. Cada interfaz dinámica controla una WLAN y otras comunicaciones entre los controladores y todos los dispositivos de la red, y cada una actúa como un relé de DHCP para los clientes inalámbricos asociados a las redes WLAN. Se puede asignar interfaces dinámicas a puertos del sistema de distribución, redes WLAN, interfaz de gestión y puede asignar la interfaz dinámica a un puerto de backup.

Se puede configurar cero, una o varias interfaces dinámicas en un puerto del sistema de distribución. Sin embargo, todas las interfaces dinámicas deben estar en una VLAN diferente o subred IP de todas las demás interfaces configuradas en el puerto. Si el puerto no tiene etiqueta, todas las interfaces dinámicas deben estar en una subred IP diferente de cualquier otra interfaz configurada en el puerto.

La interface dinámica VLAN y todos los clientes inalámbricos en la WLAN que son locales al controlador deben tener direcciones IP en la misma subred.

Se recomienda utilizar VLANs etiquetadas para interfaces dinámicas. [18]

1.6.6 WLANs

Una WLAN asociada a un servicio de identificador de conjunto (SSID). Se configura con seguridad, calidad de servicio (QoS), las políticas de radio, y otros parámetros de red inalámbrica. Hasta 16 WLAN se pueden configurar por controlador.

Como se muestra en la Figura 1.27 cada puerto GigaEthernet del controlador es un enlace troncal 802.1Q y debe ser configurado como tal en un switch vecino. En los Switches Cisco, la VLAN nativa de un enlace troncal 802.1Q es una VLAN sin etiqueta. [18]

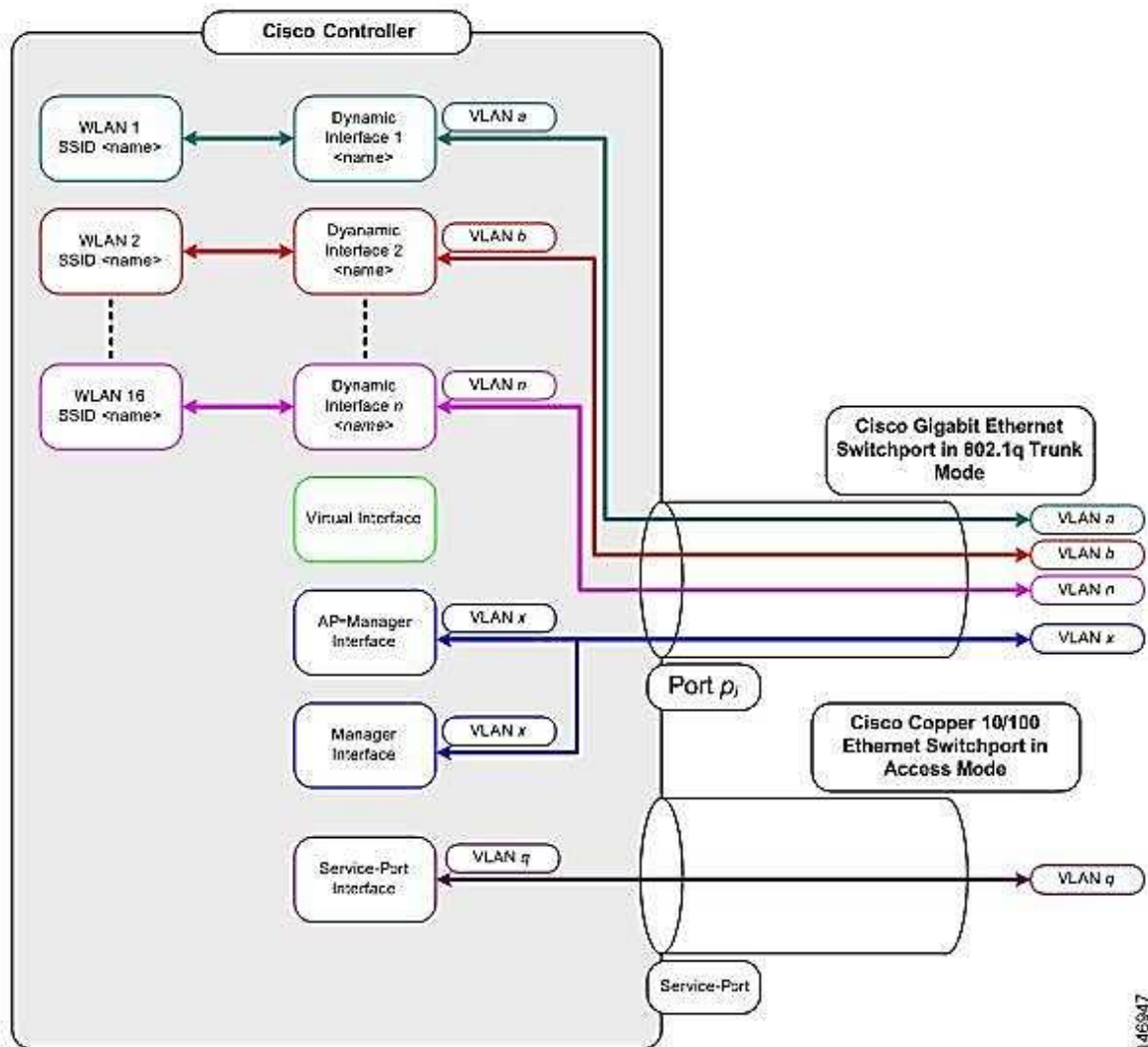


Figura 1.27: Relación entre WLANs, interfaces, VLANs y Puertos en el WLC. [18]

En el controlador un valor de cero para el identificador de VLAN significa que la interfaz no tiene etiqueta. El valor predeterminado (sin etiqueta) VLAN nativa en los Switches Cisco es la VLAN 1.

Cuando las interfaces de controlador están configurados como etiquetadas (lo que significa que el identificador de VLAN se establece en un valor distinto de cero). Vale recalcar la utilización de VLAN etiquetadas en el controlador. Se recomienda que se asigne un conjunto de VLAN para redes WLAN y un conjunto diferente de las VLAN para interfaces de gestión para garantizar que el tráfico de VLAN funcione correctamente.

1.7 ASPECTOS IMPORTANTES EN UNA SEÑAL WI-FI.

La instalación de redes inalámbricas especialmente las redes *Wi-Fi* es un procedimiento sencillo, sin embargo una configuración óptima resulta compleja si no se tienen las herramientas adecuadas y sólidos conocimientos. En consecuencia las redes *Wi-Fi* son fáciles de adquirir, bastante difíciles de configurar óptimamente y extremadamente difíciles de proteger [9].

Tener un buen nivel de potencia de señal mejoraría en parte la velocidad de transmisión del sistema de comunicación, su eficiencia y confiabilidad en el envío de la información. Si el sistema de comunicaciones se diseña sin tener en cuenta qué tanto nivel de interferencia introduce el medio a la señal, ya sea por diferentes factores, como la cantidad de ruido introducido por el medio ambiente o internamente por los componentes electrónicos en los transmisores y receptores, la señal que existe en el medio tiende a atenuarse, disminuyendo la calidad de la señal y por consiguiente bajando la velocidad de transmisión [19].

A continuación se describen algunos factores que son necesarios para el análisis de una señal inalámbrica, estos son:

- Cobertura
- Capacidad
- Relación señal a ruido
- Canales
- Ubicación de los Access Point para roaming

1.7.1 COBERTURA

La cobertura de la señal de una red *Wi-Fi* dependerá de:

- La potencia de emisión y sensibilidad de recepción del Punto de Acceso.
- La sensibilidad del dispositivo *Wi-Fi* del usuario inalámbrico.
- Los obstáculos y pérdidas de señal.

1.7.1.1 Potencia de emisión y sensibilidad de recepción del Punto de Acceso.

Potencia Máxima de Transmisión	
2,4 GHz	5GHz
<ul style="list-style-type: none"> • 802.11b 23 dBm¹ con una antena 	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11 a 17 dBm con una antena.
<ul style="list-style-type: none"> • 802.11g 20 dBm con una antena 	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11n (HT20) 17 dBm con una antena 20 dBm con dos antenas
<ul style="list-style-type: none"> • 802.11n (HT20) 17 dBm con una antena 20 dBm con dos antenas 	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11n (HT40) 17 dBm con una antena 20 dBm con dos antenas

Tabla 1.9: Potencia de Transmisión del AIR-LAP1252G-AK9.

Sensibilidad de Recepción					
	802.11 a	802.11b	802.11g	802.11n (2.4GHz)HT20	802.11n (5GHz)HT20
Potencia min.	-90 dBm	-87 dBm	-86 dBm	-86 dBm	-85 dBm
Velocidad	1 Mbps	6 Mbps	6 Mbps	7 Mbps	7 Mbps
Potencia máx.	-85 dBm	-74 dBm	-73 dBm	-73 dBm	-69 dBm
Velocidad	11 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	130 Mbps	130 Mbps

Tabla 1.10: Sensibilidad de Recepción del AIR-LAP1252G-AK9.

1.7.1.1.1 Antena del Punto de Acceso



Figura 1.28: Antena omnidireccional (AIR-ANT2430V-R 3dbi) [20]

¹ dBm: es una unidad de medida utilizada principalmente en telecomunicación para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica. Se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW.

dB: la cifra en decibelios no indica nunca el valor absoluto de las dos potencias comparadas, sino la relación entre ellas.

La antena AIR-ANT2430V-R 3dBi¹ es omnidireccional y está diseñada para utilizarse en un entorno de oficina interior. La antena se compone de tres elementos radiantes, cada uno alimentado con su propio cable coaxial.

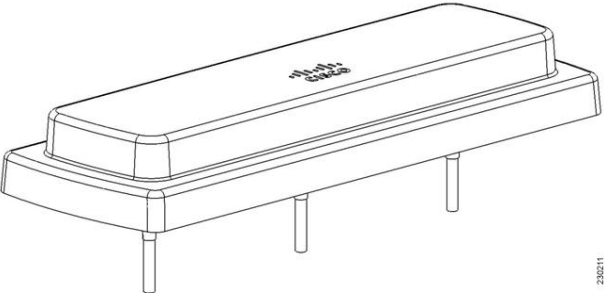
Tipo de antena	Omnidireccional	
Rango de frecuencia	2402 - 2485 MHz	
Impedancia nominal de entrada	50 ohmios	
Ganancia pico	3 dBi	
Polarización	Lineal	
Tipo de conector	RP-TNC conector	
Medio ambiente	Oficina de interior	

Tabla 1.11: Características de la Antena Triple AIR-ANT2430V-R 3dBi [20].

La antena debe ser colocada horizontalmente para maximizar la propagación de la señal. [20]

1.7.1.2 Sensibilidad del dispositivo Wi-Fi del usuario

Las características de la tarjeta inalámbrica del computador influyen en la conectividad y velocidad. Se realizará el Site Survey con una laptop cuya tarjeta de red inalámbrica tiene las siguientes características:

¹ dBi: decibelio isótropo, es una unidad para medir la ganancia de una antena en referencia a una antena isótropa teórica

AR9285 Specifications	
Frequency Band	2.4 GHz
Network Standard	802.11b, 802.11g, 802.11n
Modulation Modes	OFDM with BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM; DBPSK, DQPSK, CCK
FEC Coding Rate	1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Hardware Security	AES, TKIP, WEP
Quality of Service	802.11e
Media Access Technique	CSMA/CA
Communication Interface	PCI Express
Peripheral Interface	GPIOs, LEDs
Supported Data Rates	
IEEE 802.11b	1 to 11 Mbps
IEEE 802.11g	6 to 54 Mbps
IEEE 1-stream 802.11n	6.5 to 150 Mbps
Operating Voltage	1.2V +/-5% 3.3V +/-10%
Package Dimensions	8 mm x 8 mm
Package	68-pin LPCC




Figura 1.29: Características de la tarjeta de red inalámbrica utilizada para la medición. [21]

Sensibilidad del receptor: máximo rango alcanzado - 110 dBm

1.7.1.3 Los obstáculos y pérdidas de Señal

Las ondas de radio frecuencia (RF) transmitidas por las redes inalámbricas son atenuadas e interferidas por diversos obstáculos y ruidos. A medida que una estación móvil se va alejando de un Punto de Acceso la potencia de la señal y la velocidad de transmisión van decreciendo [9].

Los factores de atenuación e interferencia más importantes son [9]:

- El tipo de construcción del edificio.
- Dispositivos inalámbricos como teléfonos y equipos *Bluetooth*.
- Elementos metálicos como puertas y armarios.

- Microondas.
- Humedad ambiental.

La velocidad de transmisión de una estación móvil es influenciada por la distancia que existe entre la estación y el Punto de Acceso, por los obstáculos y por las interferencias con otros dispositivos inalámbricos.

Distancia (Km)	Atenuación (dB)
0.01	60
0.02	66
0.03	70
0.04	72
0.05	74
0.06	76
0.07	77
0.08	78
0.09	79
0.1	80

Tabla 1.12: Atenuación en espacio libre [19]

OBSTACULO	ATENUACION (Db)
Pared	6,9
Pared de ladrillo con ventana	3,4
Puerta metálica	6,9
Pared de ladrillo con puerta metálica	3,4
Puerta metálica en pared de ladrillo	6,9
Suelo	18,7
De exterior a interior	37

Tabla 1.13: Atenuación de la señal dada por la ITU-R [19]

Estos datos pueden variar dependiendo del número de obstáculos que se tengan en el interior de una oficina, de la separación entre ellos y del tipo de material del que estén hechos.

1.7.2 CAPACIDAD

Los usuarios inalámbricos que se encuentran conectados a un Punto de Acceso deben compartir la capacidad total de datos, a mayor número de usuarios conectados, menor será la capacidad disponible para cada uno. Uno de los principales desafíos de las redes inalámbricas consiste en proveer a cada usuario

la capacidad de datos suficiente para sus tareas. Cuanto más fuerte es la señal de radio frecuencia de un Punto de Acceso mayor será el área de cobertura. [9]

1.7.3 RELACIÓN SEÑAL A RUIDO

Un sistema de comunicaciones ideal sería aquel medio por donde se propaga la señal de información que no introdujera ruido, pero la realidad es otra, todo medio presenta ruido, ya sea en menor o mayor proporción y una de las formas para analizar este efecto es calcular la relación señal a ruido en dB mediante la ecuación [19].

$$SNR (dB) = 10 \log S/N$$

Donde

$S =$ Potencia de la señal (W)

$N =$ Potencia del ruido (W)

La ecuación para calcular la potencia en dBm:

$$dBm = 10 \times \log \frac{P}{1mW}$$

Donde

$P =$ Potencia de la señal (mW)

La SNR es un valor en dB del nivel de potencia de señal con relación al nivel de potencia de ruido; cuando este valor es alto, indica que el nivel de señal está muy por encima del nivel de ruido y el sistema de comunicaciones es bueno, pero si se llega a tener una SNR muy baja, indicaría que la potencia del ruido es mayor que la potencia de la señal, entonces el sistema no sería confiable para transmitir información ya que presentaría una mayor probabilidad de error en los datos transmitidos. [19]

1.7.4 CANALES

El diseño de una red *Wi-Fi* consiste en definir microceldas que permitan una mayor cobertura que con una sola celda grande. Cada Punto de Acceso define una micro-celda (área de cobertura); por lo tanto, hay que tomar muy en cuenta la

planificación y asignación de canales de radio frecuencia para evitar interferencias. Los estándares 802.11g y 802.11b disponen de 3 canales no solapados 1, 6 y 11.

Como se comentó anteriormente, las frecuencias de los canales 1,6 y 11 no se solapan, permitiendo de esta forma una menor interferencia y mejor calidad de señal en los dispositivos receptores. La separación entre los canales 1,6 y 11 es de 25 MHz, con un ancho de banda por canal de 22 Mhz.

Canal	Frecuencia (MHz)
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462

Tabla 1.14: Canales estandarizados por la FCC para IEEE 802.11g [19]

Para el estándar 802.11a existen canales en la frecuencia de 5GHz.

Frequency Band	Channel Number	Center Frequencies
U-NII Lower Band 5.15 - 5.25 GHz	36	5.180 GHz
	40	5.200 GHz
	44	5.220 GHz
	48	5.240 GHz
U-NII Middle Band 5.25 - 5.35 GHz	52	5.260 GHz
	56	5.280 GHz
	60	5.300 GHz
	64	5.320 GHz
U-NII Upper Band 5.725 - 5.825 GHz	149	5.745 GHz
	153	5.765 GHz
	157	5.785 GHz
	161	5.805 GHz

Tabla 1.15: Frecuencias por canal para IEEE 802.11a. [22]

1.7.5 UBICACIÓN DE LOS ACCESS POINT PARA ROAMING

Para permitir la itinerancia o *roaming* a usuarios móviles es necesario colocar los Puntos de Acceso de tal manera que haya una superposición (*overlapping*) de aproximadamente el 15% entre los diversos radios de cobertura.

La zona de superposición permite que las estaciones móviles se desplacen del área de cobertura A a la B sin perder la comunicación, en definitiva el usuario se conecta del Punto de Acceso A al B de forma transparente.

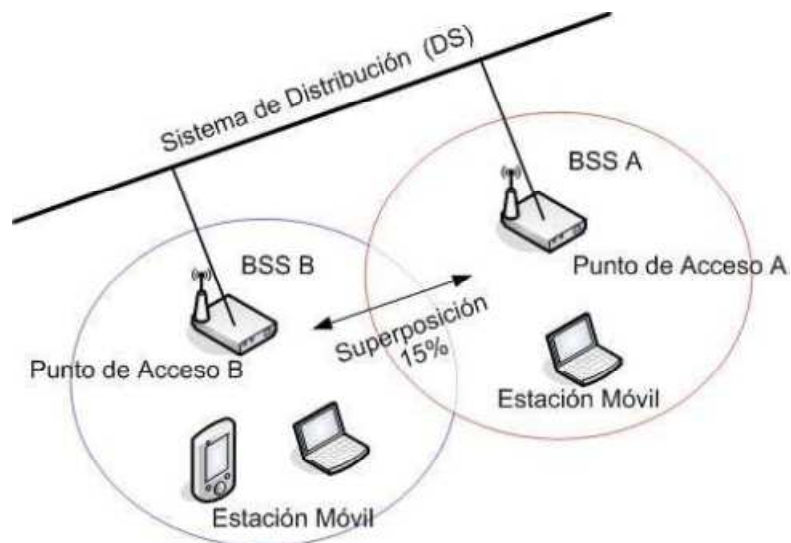


Figura 1.30: Roaming entre dos zonas de cobertura [9].

CAPÍTULO 2

2 IMPLEMENTACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN CENTRALIZADA DE LA RED INALÁMBRICA MEDIANTE UN WIRELESS LAN CONTROLLER.

La implementación de la administración centralizada de la red inalámbrica está dirigida a facilitar la administración de los Puntos de Acceso así como el control de los clientes que utilicen el servicio inalámbrico.

2.1 INTRODUCCIÓN

Muchas empresas actuales dependen de las redes LAN basadas en Switches para las operaciones diarias dentro de las oficinas. Sin embargo, los trabajadores son cada vez más móviles y desean mantener el acceso a los recursos de la red LAN de la empresa desde otras ubicaciones además de sus escritorios.

Los trabajadores en la oficina desean llevar sus computadoras portátiles a reuniones o a la oficina de sus colegas, pero gracias al avance vertiginoso de la tecnología inalámbrica se ha facilitado la manera de navegar por la red, sin embargo también se ha visto la necesidad de administrar y regularizar el ingreso hacia la red por lo que en este trabajo se va a utilizar un controlador de Access Points para tener un control centralizado de la red inalámbrica.

Finalmente hay que destacar que la utilización de un Wireless LAN Controller en conjunto con el método de autenticación 802.1x en una red soluciona satisfactoriamente el problema de la seguridad inalámbrica, brindando a los usuarios un servicio confiable y seguro. Lastimosamente en este proyecto se llegará a implementar un método de seguridad personal PSK más no el 802.1x por falta de los equipos necesarios para lograrlo.

2.2 PROPUESTA

Actualmente EP PETROECUADOR cuenta con una red de área local inalámbrica en los edificios Rocío I y II, con un total de 9 Access Points, los cuales son administrados individualmente desde el Edificio El Rocío I, estos Access Points están operando de manera autónoma lo que implica una administración individual, que conlleva a tener configuraciones diferentes en cada equipo. Adicionalmente sus parámetros están cumpliendo con los requerimientos necesarios para brindar una buena conectividad y fiabilidad a los usuarios.

Por todo lo indicado se observa que la administración de los Access Points de los edificios indicados no es centralizada lo que provoca problemas de administración, configuración y soporte para la red inalámbrica.

Para poder cambiar esta situación se implementará un Wireless LAN Controller Cisco 5500 orientado a dar la facilidad de administración de los Access Points, dando así un control de sus parámetros como potencia, canales, seguridad, privilegios de acceso, entre otros, mediante un acceso web al controlador.

2.3 ACTUALIZACIÓN DE IOS DEL MODO AUTÓNOMO A LIGHWEIGHT

Hay que tomar en cuenta que para cambiar de IOS a los Puntos de Acceso Autónomos es necesario desmontarlos del lugar donde están ubicados y llevarlos al lugar donde se tenga la estación de administración o de trabajo para el debido proceso.

2.3.1 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE ACCESO.

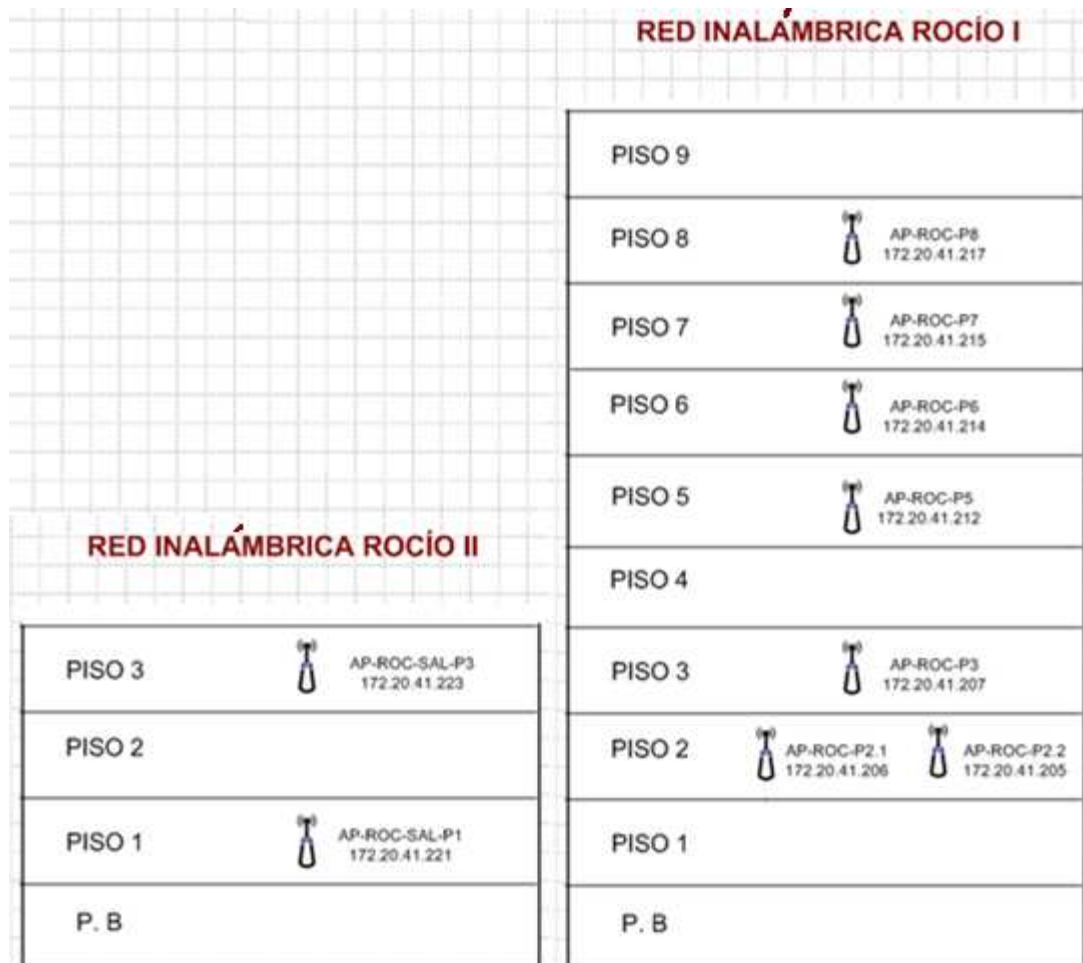


Figura 2.1: Ubicación de los Access Points en los Edificios Rocío I y II.

Existen en funcionamiento 9 Access Point, pero el controlador puede soportar hasta 12 Access Point debido a que la licencia del controlador permite solo ese número de dispositivos. Los 9 Puntos de Acceso están distribuidos de tal manera que existe de 1 a 2 Access Points por piso y en algunos pisos no se ha provisto del Punto de Acceso, ya sea porque no lo amerita o porque no se dispone del Dispositivo.

Adicionalmente cumpliendo con las normas, los Puntos de Acceso se han colocado en el espacio del cielo falso, sujetos con una estructura metálica que está empotrada en la losa, con esto se ha logrado mantener la integridad de los equipos; los Puntos de Acceso Cisco de la serie 1250 tienen 2 módulos de radio,

uno de 2,4Ghz y otro de 5Ghz con 3 antenas en cada módulo, las cuales están sobresaliendo del cielo falso para poder propagar la señal.



Figura 2.2: Access Point colocado en la losa.

2.3.2 DESMONTAJE DE LOS PUNTOS DE ACCESO

Los dispositivos están colocados en el techo de cada planta del edificio, es decir sobre el cielo falso ,por lo tanto, para poder cambiar el IOS es necesario desmontarlos de donde están ubicados, como lo muestra Figura 2.2, se tiene que sacar el Access Point de la estructura metálica y desconectar la antena omnidireccional. Luego de esto se llevará los dispositivos al lugar donde vamos hacer la actualización del IOS, al departamento de TICs que es donde se tiene todo lo necesario para trabajar con este tipo de equipos.

2.3.3 REQUERIMIENTOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DE IOS

- La actualización del Firmware¹ del Access Point puede realizarse por medio de CLI o de GUI².
- Se cuenta con una estación de administración desde la cual se puede tener acceso al Access Point por medio de SSH o de Consola.

¹Firmware: software o sistema operativo IOS.

² CLI: es un método que permite a las personas dar instrucciones a algún programa informático por medio de una línea de texto simple.

GUI: Conjunto de formas y métodos que posibilitan la interacción de un sistema con los usuarios utilizando formas gráficas e imágenes.

- Se dispone de un servidor TFTP desde el cual se descargará la nueva versión de software para el Access Point.
- Se debe realizar el cambio de Firmware para el Access Point autónomo, de manera que se puede hacer la integración del mismo con un WLC [23].

2.3.4 PASOS PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL IOS

Se describirá cada uno de los pasos necesarios para lograr el cambio de IOS en un Access Point 1250 Cisco.

2.3.4.1 Descarga del IOS Lightweight.

Se debe descargar la versión para el dispositivo indicado como lo muestra la tabla 2.1 desde www.cisco.com

<i>Dispositivo</i>	<i>Autonomous IOS</i>	<i>LightWeight IOS</i>
AIR-AP1252AG-A-K9	c1250-k9w7-tar.124-25d.JA.tar	c1250-rcvk9w8-tar.124-21a.JA2.tar
AIR-LAP1131AG-A-K9	c1130-k9w7-tar.124-25d.JA.tar	c1130-rcvk9w8-tar.124-21a.JA2.tar

Tabla 2.1: IOS Lightweight de los Access Point 1250 y 1130. [23]

Una vez obtenido el IOS Lightweight correcto se lo guardará en la carpeta de archivos del servidor TFTP en este caso un computador va a hacer la función de servidor (PC/Servidor). Se utilizará el programa Cisco TFTP Server para transferir el archivo desde la PC/Servidor al Access Point 1250.

2.3.4.2 Direccionamiento IP en los dispositivos.

- a) Como se puede ver en la Figura 2.3, las direcciones IP del Access Point y del PC/servidor deben estar en la misma subred, entonces para hacer más fácil el trabajo primero se ha verificado la dirección IP del Access Point y lo que se hace después es asignarle al PC/Servidor una dirección que esté en la misma subred que el Punto de Acceso, por lo tanto, la dirección IP del Servidor TFTP será la misma que la del PC.



Figura 2.3: Conexión para transferir el archivo IOS.

- b) La forma estándar de actualizar el IOS es acceder al modo de configuración predeterminada del Punto de Acceso siguiendo estos pasos:
- 1.-Conectar un terminal o una PC con software de emulación de terminal al puerto de la consola del Access Point.
 - 2.-Establecer la velocidad de línea en el software de emulación en 9600 baudios.
 - 3.-Desconexión de la alimentación desde el Punto de Acceso.
 - 4.-Mantener pulsado **MODO** mientras se vuelve a conectar energía al Punto de Acceso.
 - 5.- Sujetar el botón **MODO** hasta que el LED se vuelve rojo (aproximadamente 20 a 30 segundos) y luego soltarlo.
 - 6.-Esperar hasta que se reinicie el Punto de Acceso, como lo indican todos los LED.
 - 7.-Después de reiniciar el Punto de Acceso, volver a configurarlo usando la GUI o la CLI.
 - 8.-La dirección del Punto de Acceso se pondrá en 10.10.10.1 por defecto, la dirección estática IP del PC en el que se ejecute el software del servidor TFTP debe estar entre 10.0.0.2 y 10.0.0.30.Figura 2.4



Figura 2.4: Conexión con Access Point en Configuración Predeterminada.

2.3.4.3 Transferencia del archivo Lightweight por CLI.

En este caso se utilizará la forma (a) de direccionamiento IP mencionado anteriormente para mayor facilidad y rapidez.

1. Entonces, primero hay que montar la conexión de la Figura 2.3
2. Activar el programa Cisco TFTP SERVER en la PC, recordando que el archivo IOS Lightweight para un Punto de Acceso de la serie 1250 debe estar guardado en la carpeta del servidor TFTP.
3. Entrar al CLI del Access Point e ingresar al modo de configuración privilegiado y se ejecuta el siguiente comando:

```
AP1-ROC# archive download-sw/overwrite /reload tftp: //192.168.2.254
/c1250-rcvk9w8-tar.124-21a.JA2.tar
```

Mediante el comando anterior se ordena al Access Point que descargue la nueva versión del software y sobre-escriba en la Memoria Flash. (Ver **Anexo 1-** Toma del proceso de ejecución del comando, una vez la transferencia se ha iniciado)

4. El procedimiento aquí aplicado nos dará como resultado un Access Point con Software IOS Lightweight manteniendo la dirección IP y otras configuraciones iguales como cuando estaba funcionando en el modo autónomo con la diferencia de que ahora este dispositivo podrá integrarse normalmente a un Wireless LAN Controller. [23]

2.4 INCLUSIÓN DEL WIRELESS LAN CONTROLLER 5500 A LA RED.

2.4.1 CONFIGURACIÓN INICIAL DEL WIRELESS LAN CONTROLLER

Se utilizará el Asistente de configuración de interfaz gráfica de usuario. GUI

La configuración inicial del controlador es un procedimiento sencillo, pero muy importante para su correcto funcionamiento. Aquí se debe configurar los siguientes ítems:

- **Nombre de Usuario y Contraseña:** estos dos parámetros deben ser creados por el administrador y solo él puede ingresar al controlador.

Por medidas de seguridad no se publica estos datos.

- **El Protocolo SNMP (v1, v2c, v3):** es un protocolo de la capa de aplicación que facilita el intercambio de información de administración entre dispositivos de red. Permite a los administradores supervisar el funcionamiento de la red, buscar y resolver sus problemas, y planear su crecimiento [24].

Se ha habilitado SMNP v2c y SMNP v3.

- **Puerto de Servicio:** se puede tener una interfaz de respaldo para la administración de la red inalámbrica en el caso de que la interfaz de gestión falle, el puerto de servicio necesita una dirección IP y máscara.

No se ha habilitado la Interfaz de Servicio por lo que la dirección IP será 0.0.0.0.

- **Agregación de Enlaces (LAG):** *Trunking*¹ o la agregación de enlaces es una manera económica de instalar una red de alta velocidad más rápida de lo que permite un solo puerto. Básicamente consiste en agrupar varios

¹ Trunking: es una función para conectar dos switches, routers o servidores, del mismo modelo o no, mediante 2 cables en paralelo en modo Full-Duplex. Así se consigue un ancho de banda del doble para la comunicación entre los dispositivos.

puertos que trabajan simultáneamente a su velocidad máxima como si fuera un único enlace de mayor capacidad. [25]

Se ha deshabilitado esta opción para el controlador.

- **Interfaz de Administración/Gestión:** se debe configurar una subred para la comunicación entre los Access Points y el controlador, estos dos tipos de dispositivos deben estar en la misma subred de administración y asociados a una VLAN de administración.

VLAN Administración	Dirección IP	Máscara	Gateway	Port Number	DCHP
121	172.20.41.16	255.255.255.0	172.20.41.10	1	172.20.64.21

Tabla 2.2: Direccionamiento de la Interfaz de Administración.

- **Nombre de Dominio RF y País de Localización:** se debe crear un grupo de dominio al cual pertenecerán los Puntos de Acceso, un Punto de Acceso difunde sus WLAN SSID y estos pueden pertenecer a un grupo de trabajo que identifique a un sector determinado de usuarios.

*El nombre de dominio: **EPP***

*País: **Ecuador***

- **Interfaz Virtual:** en esta interfaz será conveniente poner una dirección ficticia que no se vaya a ocupar en otro de segmento de red. La dirección por defecto es 1.1.1.1 y esa es la que se ocupará para no crear conflictos de direccionamiento.

Esta dirección es utilizada para el redireccionamiento en la Autenticación Web.

- **WLAN 1 (Test):** es una WLAN necesaria para la activación de los radios de los Puntos de Acceso asociados al controlador. En esta parte solo se tendrá que especificar el Nombre de Perfil y el SSID de la WLAN, cuando

se configure completamente la WLAN se puede ingresar los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento.

*Nombre de Perfil: **pco***

*WLAN SSID: **pco***

- **Servidor RADIUS:** se debe asignar la dirección IP y una clave de seguridad. Cuando se configure completamente se ingresará los demás parámetros.

No se dispone de Servidor RADIUS.

- **Modo de funcionamiento 802.11:** se puede habilitar o deshabilitar los estándares 802.11 a/b/g y un mecanismo llamado AUTO RF que sirve para formar parte de un grupo de controladores y para elegir un líder dentro del grupo.

Se ha habilitado las opciones 802.11a/b/g y Auto RF con esto el controlador podrá estar en capacidad para trabajar en cualquier estándar y no tener conflictos con la tecnología usada en la red inalámbrica.

- **Configuración de tiempo (Set Time):** también se puede actualizar la Fecha y Hora en el controlador. Con esto se termina la configuración inicial y ahora se puede guardar los cambios y reiniciar el controlador, para después configurarlo completamente.

Si se requiere mayor información de la configuración inicial del controlador. (Ver **ANEXO 2** - Configuración inicial detallada del controlador)

2.4.2 TOPOLOGÍA DEL WIRELESS LAN CONTROLLER

Una vez terminada la configuración inicial del Wireless LAN Controller es momento de incluirlo a la red de Petroecuador. El WLC será ubicado en el Data Center del Edificio El Rocío I, mediante la siguiente topología. Figura 2.5

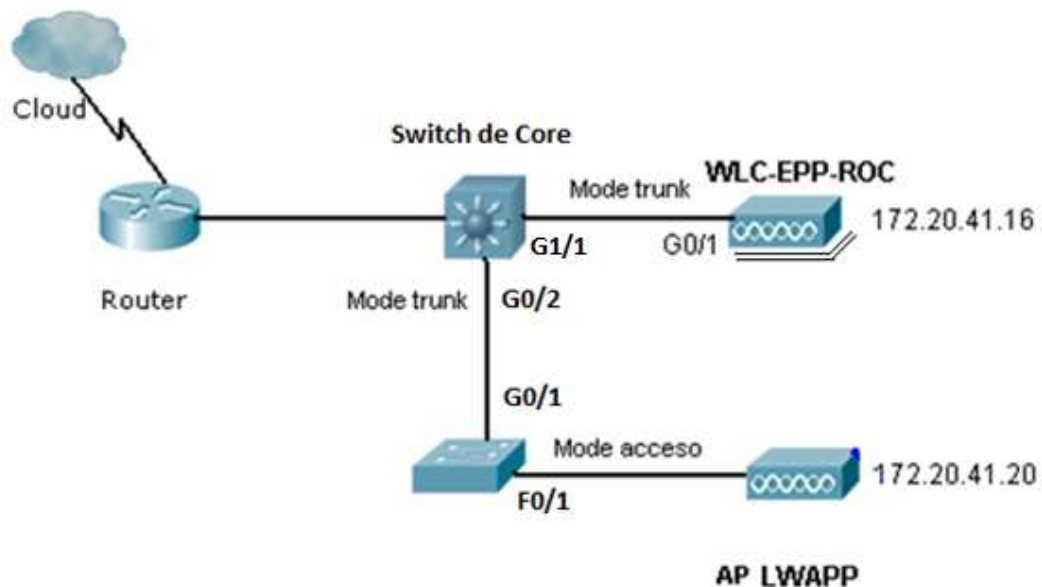


Figura 2.5: Arquitectura Distribuida del WLC.

Se debe conectar con un patch cord de fibra óptica SC-LC (MM Duplex) entre el Puerto GigaEthernet 0/1 (SPF) del controlador y un Puerto GigaEthernet del Switch de Core, aclarando que en el puerto del controlador va LC y en el Switch de Core va el SC. Además se tiene que asegurar el controlador de manera que quede fijo en el rack.

Esta es la única conexión física que se debe realizar, las demás conexiones trabajarán igual.

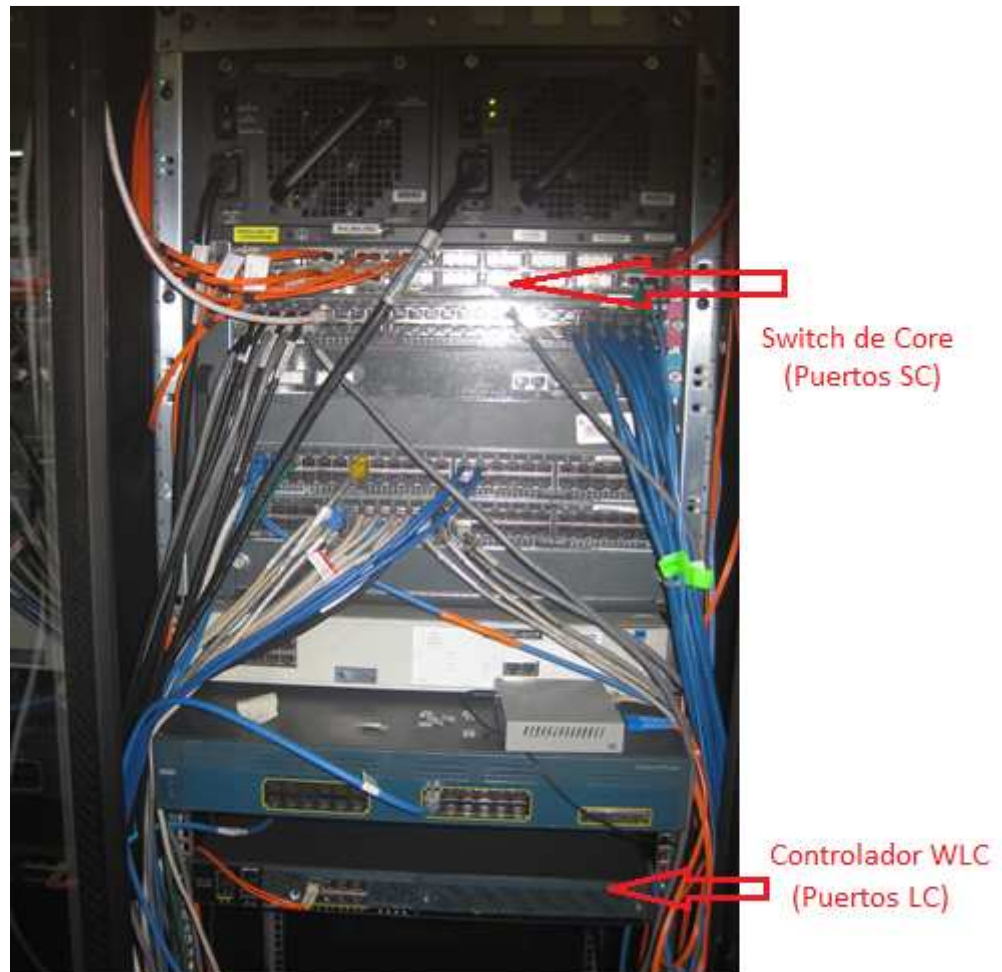


Figura 2.6: Conexión entre el controlador y el switch de core

2.4.3 CONFIGURACIÓN EN EL SWITCH DE CORE DE LA RED.

En el Switch de Core, se tiene que configurar los parámetros necesarios para cuando se integre el WLC a la red sea reconocido sin problemas.

Los parámetros necesarios son:

- **Creación de interfaces VLANs:** es la asignación de VLAN ID y Nombre de la interfaz, estas servirán para la división de clientes y paquetes.

- **Asignación de Dirección IP y Máscara a las interfaces VLANs:** cada VLAN debe tener un espacio de direcciones válido para el número de clientes que vayan a estar asociados a esa VLAN, hay que aclarar que la Dirección IP de la interfaz VLAN que se ha configurado en el Switch de Core será el Gateway de la interfaz creada en el controlador. (Ver **Anexo 3** - Configuración del Switch de Core y Switch de Acceso).

Nombre	VLAN ID	Dirección IP	Máscara
Administración	121	172.20.41.10	255.255.255.0
pco	119	172.20.73.10	255.255.255.0
pco-vip	122	172.20.72.10	255.255.255.128
pco-vis	123	172.20.72.139	255.255.255.128

Tabla 2.3: VLANs y Direcciones de las VLANs en el Switch de Core.

- **Configuración del Puerto GigaEthernet:** este puerto se va a comunicar con el controlador, este debe ser configurado en modo troncal y asociado a la VLAN designada para la administración (121). (Ver **Anexo 3** - Configuración en el Switch de Core y Switch de Acceso)

Interfaz GigaEthernet 1/1: mode trunk

VLAN 121

En el momento que se ha configurado las interfaces VLAN en el Switch de Core bajo el concepto de VTP¹ (Protocolo de enlace troncal de las VLANs), el Switch de Core propagará las VLANs a los demás Switches Clientes. El Switch de Core está trabajando en modo Servidor y los Switches del Edificio están trabajando en modo Cliente.

Vale aclarar que los enlaces GigaEthernet del Switch de Core que están comunicándose con los Switches de Acceso están configurados en modo troncal, por lo que no hace falta volver a configurarlos en este modo. Caso contrario es

¹ VTP: Permite la propagación de VLANs desde el servidor hacia los Switches clientes ahorrando tiempo en la creación de VLANs en cada Switch.

necesario que los enlaces GigaEthernet del Switch de Core con los Switches de Acceso también estén configurados en modo troncal.

2.4.4 CONFIGURACIÓN ADICIONAL EN EL CONTROLADOR

2.4.4.1 Creación de las interfaces dinámicas.

Cuando se haya reiniciado el controlador se puede ingresar a este mediante acceso Web con la Dirección IP que se asignado a la interfaz de administración.

En el controlador se tiene una interfaz dinámica (WLAN) llamada “pco” que se creó inicialmente para activación de los radios en los Puntos de Acceso, una vez que se ha ingresado al controlador se puede editar y configurar completamente la Interfaz Dinámica llamada “pco”.

Adicionalmente se puede crear nuevas interfaces dinámicas y así mismo asignarles todos sus parámetros tales como:

- Información Física
- Direccionamiento de la interfaz
- Información del DHCP

The screenshot shows the Cisco Controller configuration page for dynamic interfaces. The page is titled "Interfaces > Edit" and displays the configuration for an interface named "pco". The configuration is organized into several sections:

- General Information:** Interface Name: pco, MAC Address: 70:81:05:1f:0a:c4.
- Configuration:** Guest Lan (checkbox), Quarantine (checkbox), Quarantine Vlan Id (input field: 0).
- Physical Information:** Port Number (input field: 1), Backup Port (input field: 0), Active Port (input field: 1), Enable Dynamic AP Management (checkbox).
- Interface Address:** VLAN Identifier (input field: 119), IP Address (input field: 172.20.73.5), Netmask (input field: 255.255.255.0), Gateway (input field: 172.20.73.10).
- DHCP Information:** Primary DHCP Server (input field: 172.20.73.10), Secondary DHCP Server (input field).

Figura 2.7: Pantalla de las interfaces dinámicas.

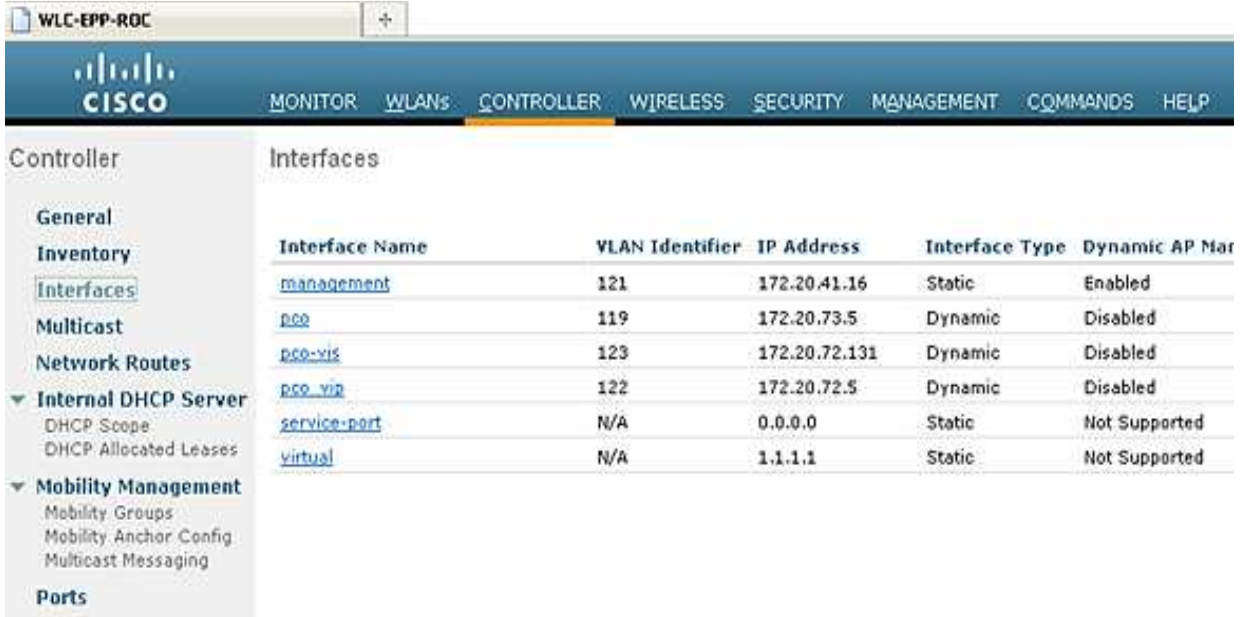
Al crear estas interfaces se generan subredes, por lo tanto, a una subred también se le puede asignar una VLAN y con esto se logra obtener un espacio de direcciones IP para un tipo de clientes. Esta subred se llama "pco" Figura 2.7.

En el proyecto se han definido las interfaces dinámicas:

	Puerto Físico	VLAN ID	Dirección IP	Máscara	Gateway	DCHP Server
pco	1	119	172.20.73.5	255.255.255.0	172.20.73.10	172.20.73.10
pco-vip	1	122	172.20.72.5	255.255.255.128	172.20.72.10	172.20.73.10
pco-vis	1	123	172.20.72.131	255.255.255.128	172.20.72.139	172.20.72.139

Tabla 2.4: Direccionamiento de las interfaces dinámicas.

Se recalca que las interfaces dinámicas deben estar en una subred diferente a la Interfaz de Administración.



The screenshot shows the Cisco WLC-EPP-ROC interface with the 'CONTROLLER' tab selected. On the left, there is a navigation menu with options like 'General', 'Inventory', 'Interfaces', 'Multicast', 'Network Routes', 'Internal DHCP Server', 'Mobility Management', and 'Ports'. The main area displays a table of interfaces.

Interface Name	VLAN Identifier	IP Address	Interface Type	Dynamic AP Mar
management	121	172.20.41.16	Static	Enabled
pco	119	172.20.73.5	Dynamic	Disabled
pco-vis	123	172.20.72.131	Dynamic	Disabled
pco_vip	122	172.20.72.5	Dynamic	Disabled
service-port	N/A	0.0.0.0	Static	Not Supported
virtual	N/A	1.1.1.1	Static	Not Supported

Figura 2.8: Interfaces del controlador

2.4.4.2 Creación de WLAN en el controlador.

Una vez creadas las interfaces dinámicas estas nos servirán para asociarlas a una WLAN (Señal que propaga un Access Point).

Al definir una WLAN se tiene que asignarle un Nombre de Perfil, un SSID y un Identificador WLAN. Figura 2.9



The screenshot shows the 'WLANs > New' configuration screen. The 'Type' is set to 'WLAN'. The 'Profile Name' is 'Wireless Visitantes', the 'SSID' is 'red-visitantes', and the 'ID' is '3'.

Type	WLAN
Profile Name	Wireless Visitantes
SSID	red-visitantes
ID	3

Figura 2.9: Pantalla de configuración de las WLANs.

Al aplicar está WLAN se puede editar las siguientes funciones:

- **Estado de la WLAN:** habilitado o deshabilitado.
- **Estándar del Radio:** si se quiere que la WLAN trabaje bajo el estándar 802.11 a, a/g, g, b/g se puede escoger, pero en el proyecto se ha escogido en **ALL** para que radie las WLAN en todos los estándares, esto conlleva a

que dependa del módulo de radio instalado en el Punto de Acceso, es decir si tiene un módulo con antenas de 2.4GHz este emitirá una señal bajo el estándar 802.11b/g/n, pero si el Punto de Acceso tiene un módulo con antenas de 5GHz este emitirá una señal bajo el estándar 802.11a/n y si tiene los dos tipos de módulos el Punto de Acceso nos dará señales en las 2 frecuencias mencionadas.

También depende del estándar de la tarjeta de red inalámbrica del cliente para la asociación al Punto de Acceso. La tarjeta verifica que tipo de señal puede admitir para asociarse al Punto de Acceso.

- **Interfaz:** aquí se lista las interfaces dinámicas y la Interfaz de Administración creadas anteriormente, es necesario que a la WLAN se le asigne una Interfaz para que pertenezca a una subred.

En el caso de que pertenezca a la Interfaz de Administración significa que la WLAN estará en la misma subred que la Interfaz de Administración, lo que no es recomendable porque es mejor dividir los clientes en subredes y por eso se han creado las interfaces dinámicas y así se puede ubicar a un cliente en un espacio de Direcciones IP de acuerdo al tipo de servicio inalámbrico. Como se puede ver en la Figura 2.10 la **WLAN (SSID): red-visitantes** pertenecerá a la **Interfaz Dinámica: pco-vis**.



Figura 2.10: Asignación del tipo de Radio e Interfaz

2.4.4.3 Seguridad de la WLAN SSID

La seguridad de una WLAN debe ser la apropiada para el tipo de servicio que este brindando la WLAN, como en este caso se tiene una WLAN para invitados debe tener un tipo de seguridad básica. Pero se ha dispuesto que todas las WLAN utilicen el mecanismo de seguridad WPA2-PSK, con la diferencia que la **WLAN: pco-vip** utilice el Filtro MAC ya que esta WLAN brinda un Acceso Libre hacia la web por lo que los usuarios que necesiten estar asociados a esta WLAN SSID deben registrar sus máquinas primero en el Departamento de TICs.

Recalcando que no se dispone en este proyecto de un Servidor RADIUS, por lo que se tiene que implementar otro mecanismo de seguridad que no sea el 802.1x.

Como se puede ver en la Figura 2.11 la seguridad de capa 2 que se utiliza es el **WPA+WPA2** ya que este es el más apropiado cuando no se dispone de un servidor RADIUS.

- 802.1x: es necesario implementar un servidor RADIUS en la red para la autenticación de los clientes.
- WEP: este mecanismo es obsoleto y de poca confianza.
- CKIP: sólo es compatible con el uso de la Utilidad de conexión WiFi en Windows XP.

En los parámetros de WAP+WAP2 se puede escoger el tipo de codificación de datos entre AES y TKIP.

AES-CCMP: ofrece un método de codificación más robusto que TKIP.

TKIP: ofrece la mezcla de claves por paquete, la verificación de la integridad de los mensajes y un mecanismo de reintroducción de claves.

Para mayor compatibilidad con los clientes se va a escoger los dos tipos de codificación de datos (AES, TKIP) en los dos tipos de mecanismos de seguridad (WAP, WAP2).

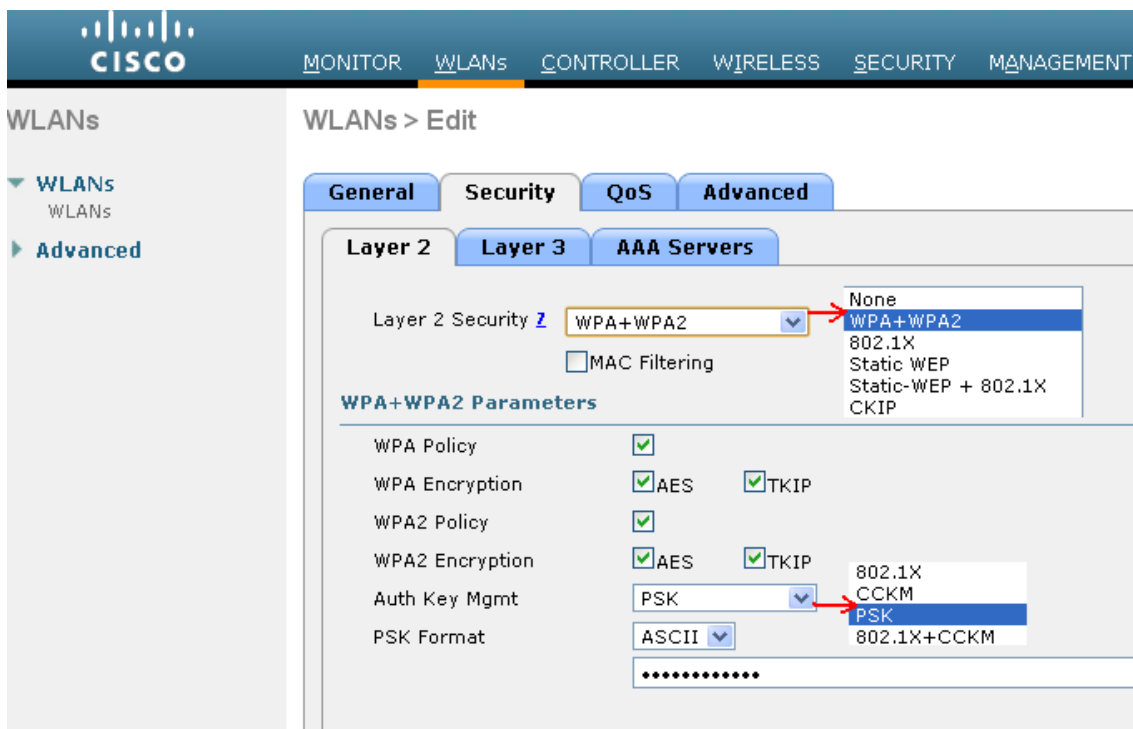


Figura 2.11: Seguridad de la WLAN.

El funcionamiento de WAP-PSK se basa en que se tiene que ingresar una clave compartida para el acceso a la WLAN. Si un cliente quiere tener acceso a la WLAN es necesario que el cliente digite la misma clave en su computador.

En lo que respecta a calidad de servicio (QoS), las WLAN pco y pco-vis tienen el mismo grado de servicio y la WLAN pco-vip tiene un grado de servicio mejor por lo que se tiene salida sin restricciones a la web.

2.4.5 PROCESO DE ASOCIACIÓN ACCESS POINT LIGTHWEIGHT – WLC.

En la Arquitectura Centralizada Cisco Wireless LAN, los Puntos de Acceso funcionan en modo ligero. El controlador gestiona la configuración, firmware y operaciones de control tales como autenticaciones 802.1x. Además, todo el tráfico de datos inalámbricos viaja por la vía de comunicación entre el Access Point y el controlador.

El Protocolo de Punto de Acceso Ligero (LWAPP) es un proyecto de protocolo IETF que define la mensajería de control para la configuración y autenticación de la ruta de acceso y las operaciones en tiempo de ejecución. LWAPP también define el mecanismo de túnel para tráfico de datos.

Un Punto de Acceso ligero descubre un controlador utilizando mecanismos de descubrimiento LWAPP y, a continuación envía una solicitud LWAPP unión. El controlador envía al Punto de Acceso una respuesta LWAPP unión, permitiendo que el Punto de Acceso pueda unirse al controlador. Cuando el Access Point se une al controlador, se descarga su software si las revisiones en el Punto de Acceso y el controlador no coinciden. Posteriormente, el Access Point está completamente bajo el control del controlador.

2.4.5.1 Configuración en el Switch de Acceso.

Para que el Access Point pueda asociarse al controlador es necesario configurar el Switch de Acceso donde se encuentre conectado el Access Point. Entonces, como se dijo anteriormente, estos Switches están funcionando en modo cliente

(VTP) y por lo tanto, estos ya saben las VLANs creadas en el Switch de Core y solo hace falta configurar el Puerto del Switch en modo acceso y asociarlo a la VLAN 121 (VLAN de Administración de Access Point).

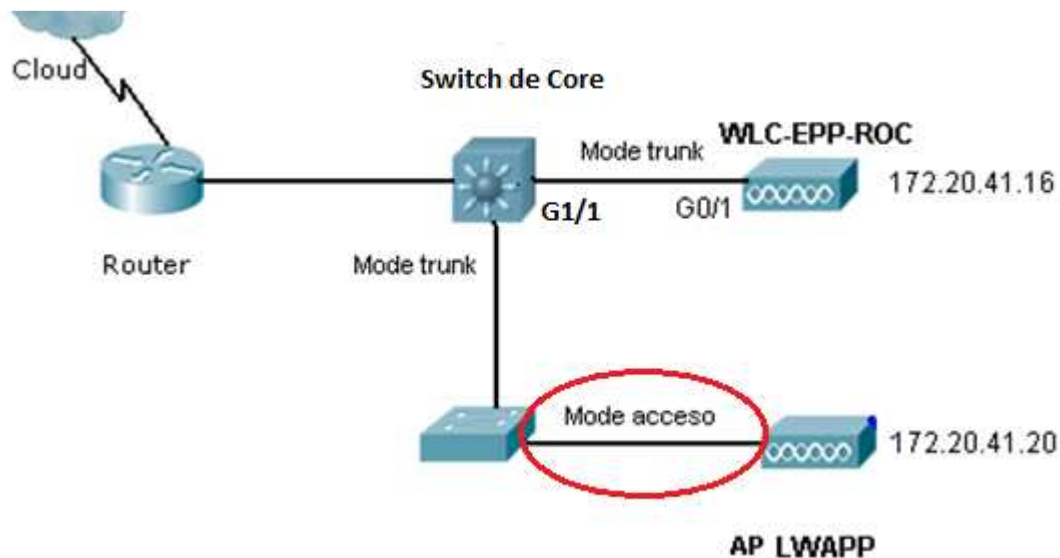


Figura 2.12: Enlace en Modo Acceso

2.4.5.2 Configuración de parámetros en el Punto de Acceso.

Aunque un Access Point no esté configurado en la subred de Administración es reconocido por el controlador y se puede ingresar al Access Point por medio de la interfaz gráfica de usuario (GUI) del controlador, es por eso que se puede cambiar los parámetros de un Punto de Acceso como Nombre, Direcccionamiento y VLAN ID consiguiendo que entre en correcto funcionamiento.

Una vez que los Puntos de Acceso se hayan integrado al controlador correctamente, estos Puntos de Acceso propagan su señal en el radio determinado emitiendo así las WLAN SSID y los clientes pueden recibir esta señal en sus dispositivos inalámbricos.

En la figura 2.13 se puede ver como los Access Points se han integrado al controlador correctamente.

WLC-EPP-ROC

CISCO

MONITOR WLANs CONTROLLER **WIRELESS** SECURITY MANAGEMENT COMMANDS HELP FEEDBACK

Wireless

- Access Points
 - All APs
 - Radios
 - 802.11a/n
 - 802.11b/g/n
 - Global Configuration
- Advanced
- Mesh
- HREAP Groups
- 802.11a/n
- 802.11b/g/n
- Country
- Timers
- QoS

All APs

Current Filter: None [\[Change Filter\]](#) [\[Clear Filter\]](#)

Number of APs: 8

AP Name	AP MAC	AP Up Time	Admin Status	Operational Status	Port
AP-ROC-P6	00:21:d8:8a:36:e6	93 d, 17 h 50 m 03 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-P8	00:23:04:5e:b9:ce	93 d, 17 h 12 m 37 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-P2.2	00:22:90:e9:08:c2	93 d, 17 h 03 m 23 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-P2.1	00:22:90:e8:f7:52	93 d, 17 h 03 m 48 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-P3	00:22:90:e8:f6:2a	93 d, 17 h 01 m 11 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-P7	00:23:04:10:5e:00	11 d, 06 h 39 m 04 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-SAI-P1	00:26:cb:7e:eb:9e	10 d, 22 h 39 m 42 s	Enabled	REG	1
AP-ROC-P5	00:22:90:e8:f8:50	0 d, 00 h 20 m 55 s	Enabled	REG	1

Figura 2.13: Integración de los Access Points al controlador

2.4.5.3 Canales de funcionamiento de los Puntos de Acceso.

En el caso de que haya dos o más Access Points muy cercanos, el controlador automáticamente se encarga de configurar a los Access Points para que emitan sus señales en diferentes canales con la finalidad de que no exista solapamiento o interferencia. Como se ha dicho anteriormente se puede utilizar para la frecuencia de 2.4 GHz los canales 1 / 6 / 11 y para la frecuencia de 5GHz se puede utilizar los canales no solapados de 20 MHz, en este caso se ha configurado en los canales 149 y 161.

CAPÍTULO 3

3 PRUEBAS, RESULTADOS Y COSTOS

3.1 SITE SURVEY

El estudio del sitio o *site survey* es un procedimiento previo a la instalación de una red inalámbrica. La finalidad de un *site survey* es determinar el lugar óptimo de localización de los Puntos de Acceso y detectar las zonas oscuras, es decir, zonas con mucho ruido o zonas sin cobertura.

Para la realización de un *site survey* es importante seguir un procedimiento definido de la siguiente forma [9]:

- Utilización de los planos arquitectónicos del sitio.
- Reconocimiento físico de las instalaciones y determinación de obstáculos.
- Determinar la ubicación preliminar de cada Punto de Acceso.
- Probar utilizando un *software* de monitoreo el nivel de señal de cada Punto de Acceso y comprobar la cobertura y rendimiento.
- Evaluar la re-ubicación de los Puntos de Acceso para lograr mejores coberturas y rendimientos.
- Evaluar la posibilidad de añadir o quitar Puntos de Acceso rediseñando cada micro-celda.
- Identificar la existencia de fuentes de energía y conexiones de red para los Puntos de Acceso a ser instalados.
- Planificar la asignación de canales de radio frecuencia para cada Punto de Acceso; de tal forma que se evite la interferencia co-canal.
- Documentar la ubicación final de todos los Puntos de Acceso con sus respectivas configuraciones de radio frecuencia y conexiones de red.

3.1.1 PRUEBAS SITE SURVEY

Estas pruebas se realizaron con los siguientes implementos:

- **Punto de Acceso Cisco Aironet 1250:** instalados en los Edificios Rocío I y II, configurados en canales no solapados y con el mayor nivel de señal posible. Además se recalca que estos Puntos de Acceso trabajan bajo el estándar 802.11b/g/n.
- **Laptop Hp Pavilion g4-1250la:** se utilizó como equipo de escaneo una laptop de 1.65GHz de velocidad con 2 GB de Memoria RAM con un Sistema Operativo *Windows 7 SP1*.
- **VisiWave Site Survey:** Versión 2.1.6 Eval para las pruebas de sitio efectuadas. Es básicamente un software que se instala en un PC portátil o un PDA y permiten capturar las señales de radio frecuencia para su posterior análisis.

Las pruebas site survey fueron realizadas para todos los pisos de los Edificios Rocío I y II, pero a continuación se va a explicar el procedimiento para tomar las mediciones de las señales en un piso. Se explicará las mediciones del Quinto Piso-Unidad de TICs, además la estructura y distribución arquitectónica para todos los pisos restantes es similar, por lo que se tiene una buena aproximación aplicable a los demás pisos dependiendo de la ubicación del Punto de Acceso.

Procedimiento:

- Abrir el plano del sitio a evaluarse.
- Configurar el largo y ancho del plano.
- Ubicar el Punto de Acceso en el plano.
- Ubicar un punto de partida para tomar muestras en el plano.
- Asociar el equipo de escaneo (laptop) al SSID del Punto de Acceso que se quiere evaluar, se busca el Punto de Acceso indicado mediante la dirección MAC del equipo rastreada por la laptop.

- Se recorre el espacio del plano tomando muestras, con esto se logra construir un gráfico de la intensidad de la señal.
- Se guarda el archivo para luego analizar los resultados en un Reporte Site Survey.

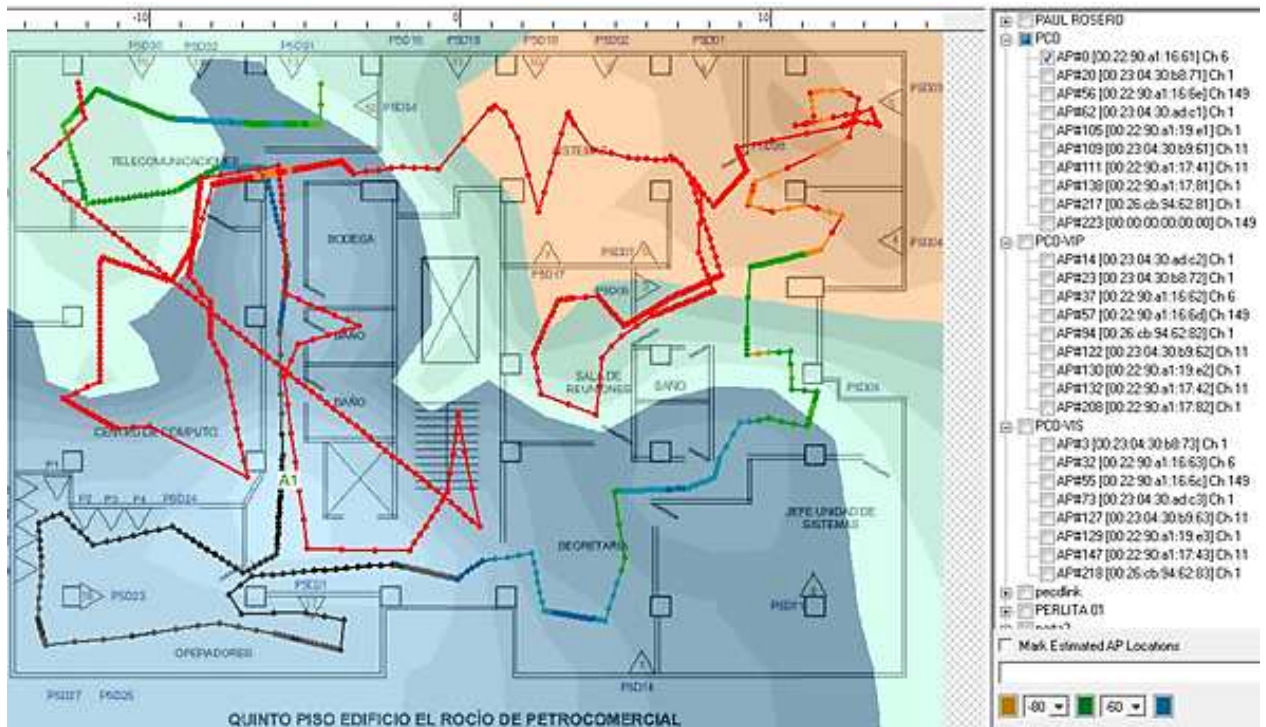


Figura 3.1: Toma de muestras - Site Survey.

Aquí se puede observar el recorrido que se ha hecho en el plano del Quinto Piso donde existe un Access Point (A1) y como se puede ver la intensidad de la señal es mayor donde el color es azul y más débil donde es de color rojo- tomate.

3.1.2 REPORTE SITE SURVEY

El Reporte Site Survey es un informe donde se presentan los datos recopilados por el *Software VisiWave Site Survey* en el cual se puede analizar los diagramas de cobertura, potencia de la señal, relación señal a ruido (S/N), velocidad de conexión.

3.1.2.1 Resultados del Rocío I

SUBSUELO

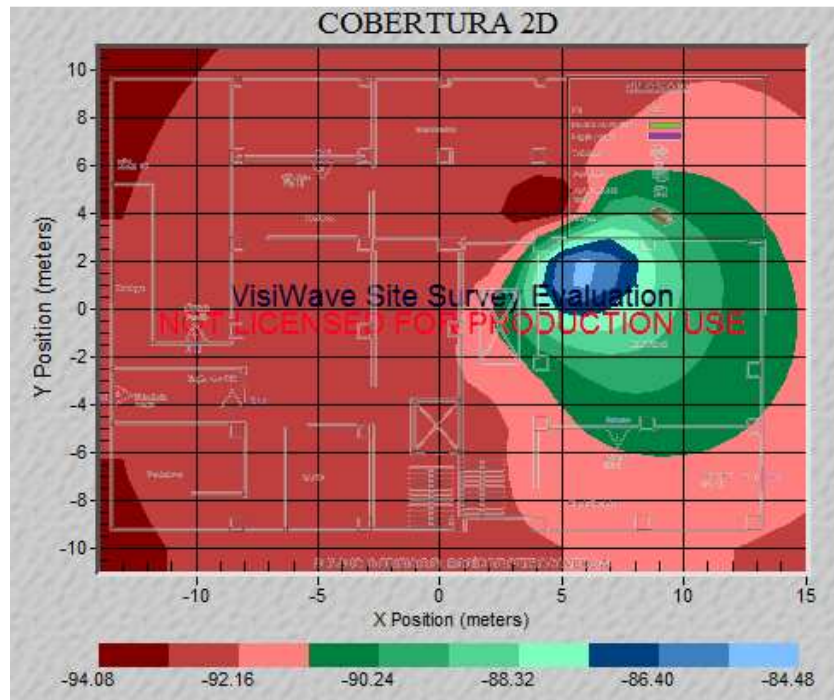


Figura 3.2: Cobertura 2D - Subsuelo-Rocío I

↓ Y	X →	-11 - -8m	-8 - -5m	-5 - -2m	-2 - -1m	1 - 4m	4 - 7m	7 - 10m	10 - 13m
9 - 6m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	0.0	-103.0	-102.5	-111.0	-113.0	-114.0	-117.0	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
6 - 3m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-108.0	-105.5	0.0	-109.2	0.0	-112.0	-120.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	0.0
3 - 0m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-107.5	-107.3	0.0	-106.0	-100.3	-113.1	-118.1	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
0 - -3m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	9.9	0.0	0.3	2.0	0.0
	Signal Level	-105.0	-114.5	-116.5	-90.1	-103.5	-107.1	-101.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-3 - -6m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0
	Signal Level	-107.3	-114.0	-116.0	-114.8	-113.1	-110.1	-104.1	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-6 - -9m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-108.0	-110.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 3.1: Niveles de señal, ruido y relación S/N - Subsuelo Rocío I

SUBSUELO

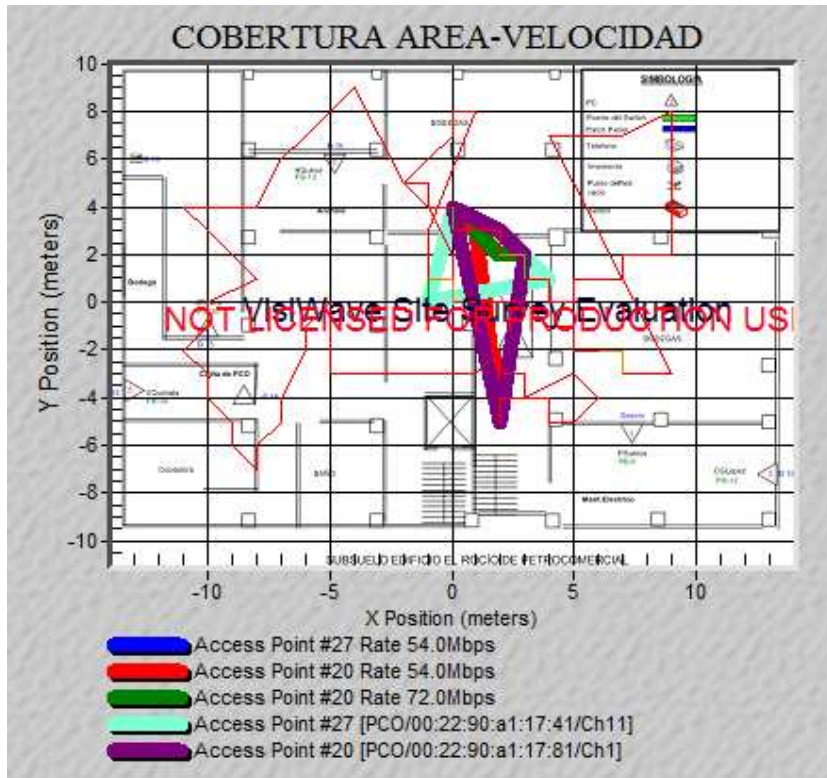


Figura 3.3: Cobertura área- velocidad - Subsuelo Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	10%
Mínima señal registrada	-94dBm
Máxima señal registrada	-84dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-91dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	Ninguno
Número de Puntos de Acceso requeridos	1 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP2.1= 00:22:90:a1:17:40 AP2.2= 00:22:90:a1:17:80
Canal de funcionamiento	AP2.1= 11
	AP2.2= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	5

Tabla 3.2: Resultados de Site Survey - Subsuelo Rocío I

PLANTA BAJA

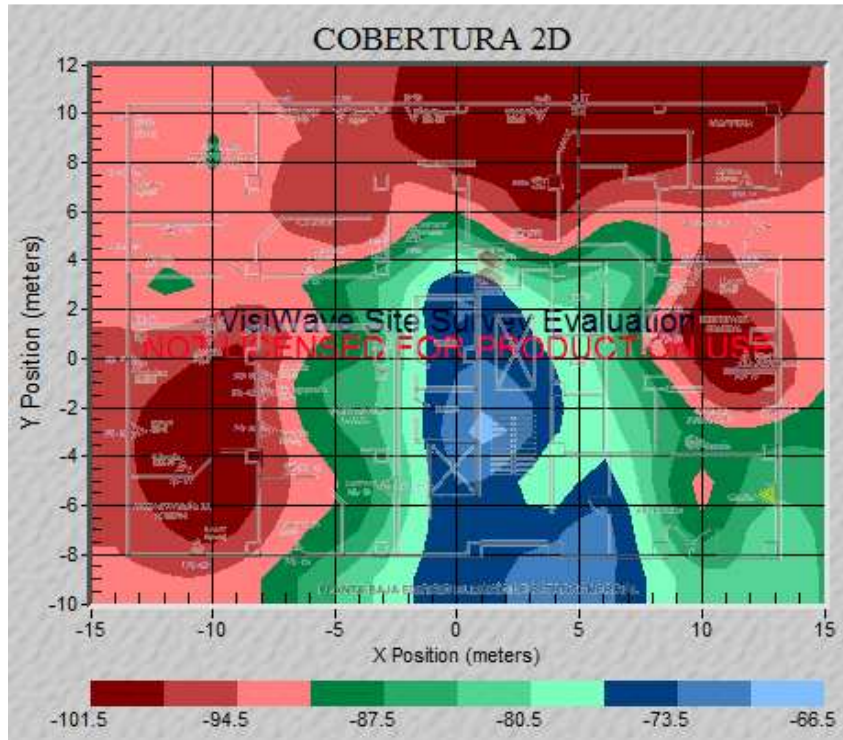


Figura 3.4: Cobertura 2D – Planta Baja Rocío I

↓ Y	X →	-13 -	-10 -	-7 -	-4 -	-1 -	2 -	5 -	8 -	11 -
		-10m	-7m	-4m	-1m	2m	5m	8m	11m	14m
10 - 7m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	2.0	1.5	0.5	6.2	3.3	2.3	6.0
	Signal Level	0.0	-103.5	-99.5	-99.0	-99.9	-93.8	-96.8	-97.7	-94.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
7 - 4m	Signal to Noise Ratio	0.0	4.5	1.5	0.8	0.8	3.9	2.3	0.0	0.0
	Signal Level	0.0	-97.6	-101.2	-101.9	-100.0	-96.2	-97.7	0.0	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0
4 - 1m	Signal to Noise Ratio	5.4	6.6	5.0	3.6	23.2	23.8	5.0	17.0	0.0
	Signal Level	-94.6	-94.4	-96.9	-98.0	-76.8	-76.2	-101.4	-83.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -2m	Signal to Noise Ratio	0.3	1.3	8.4	18.0	0.0	0.0	17.0	12.8	14.7
	Signal Level	-102.3	-100.8	-91.6	-84.3	0.0	0.0	-83.0	-87.2	-85.3
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0
-2 - -5m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	11.9	17.9	31.0	0.0	0.0	16.0	14.0
	Signal Level	-104.7	-107.0	-88.1	-82.9	-69.0	0.0	0.0	-84.0	-86.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0
-5 - -8m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	10.9	10.5	24.3	17.7	25.9	15.6	14.6
	Signal Level	0.0	-107.4	-89.1	-93.7	-77.3	-82.3	-74.1	-84.4	-85.4
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-8 - -11m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	33.1	35.3	43.0	20.0
	Signal Level	0.0	0.0	0.0	0.0	-75.6	-66.9	-64.7	-57.0	-80.0
	Noise Level	0.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Tabla 3.3: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Planta Baja Rocío I

PLANTA BAJA

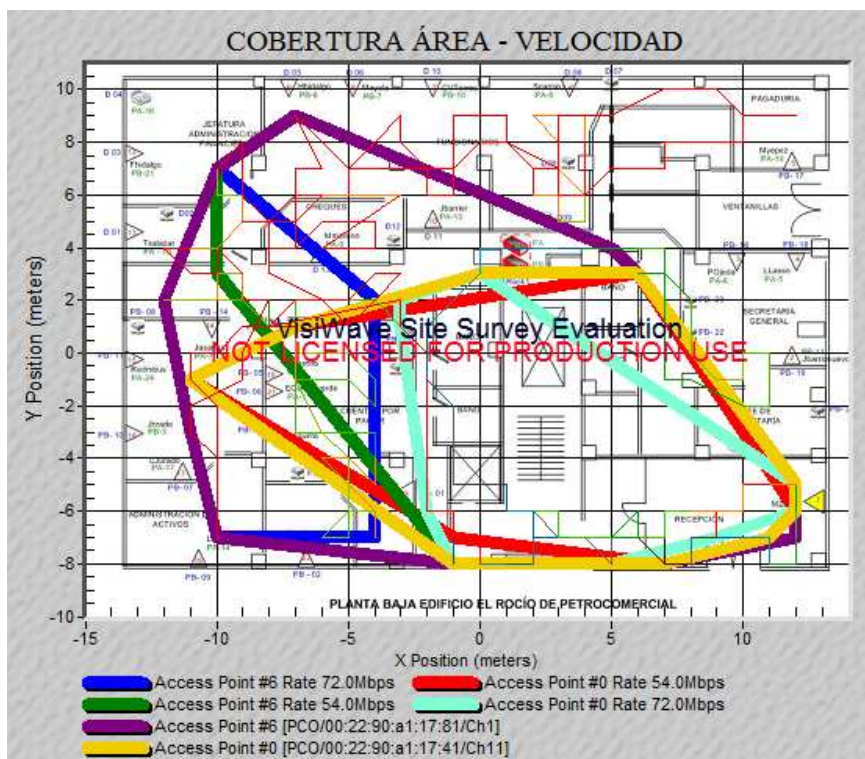


Figura 3.5: Cobertura área- velocidad - Planta Baja Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	35%
Mínima señal registrada	-66dBm
Máxima señal registrada	-101dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-91dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	Ninguno
Número de Puntos de Acceso requeridos	1 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP2.1= 00:22:90:a1:17:40 AP2.2= 00:22:90:a1:17:80
Canal de funcionamiento	AP2.1= 11
	AP2.2= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	14

Tabla 3.4: Resultados de Site Survey - Planta Baja Rocío I

PRIMER PISO

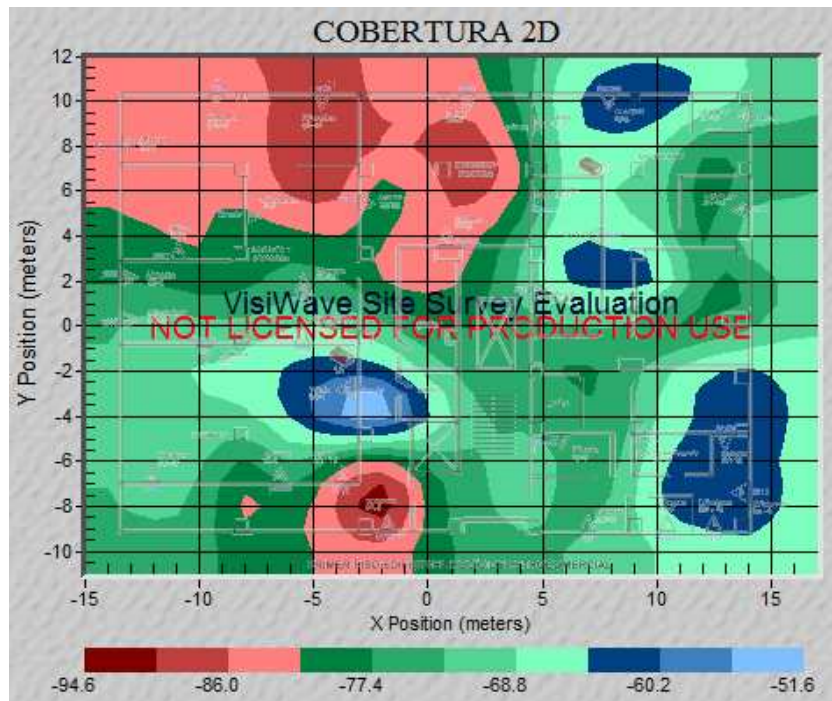


Figura 3.6: Cobertura 2D – Primer Piso Rocio I

↓ Y	X →	-13 -	-10 -	-7 -	-4 -	-1 -	2 -	5 -	8 -	11 -	14 -
		-10m	-7m	-4m	-1m	-2m	5m	8m	11m	14m	17m
10 - 7m	Signal to Noise Ratio	0.0	15.3	13.0	16.0	15.7	0.0	34.0	37.0	30.7	0.0
	Signal Level	0.0	-84.7	-87.0	-84.0	-84.3	0.0	-66.0	-63.0	-69.3	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
7 - 4m	Signal to Noise Ratio	18.0	17.0	10.7	17.6	14.3	14.4	35.0	30.1	22.9	0.0
	Signal Level	-82.0	-83.0	-89.3	-82.4	-85.8	-85.6	-65.0	-69.9	-77.1	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
4 - 1m	Signal to Noise Ratio	18.6	19.9	17.7	17.7	0.0	0.0	33.3	31.5	25.2	0.0
	Signal Level	-81.4	-80.1	-82.3	-82.3	0.0	0.0	-66.7	-68.5	-74.8	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -2m	Signal to Noise Ratio	20.0	20.6	24.9	20.6	22.8	0.0	32.9	30.0	19.8	0.0
	Signal Level	-80.0	-79.4	-75.1	-79.4	-77.2	0.0	-67.1	-70.0	-80.2	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-2 - -5m	Signal to Noise Ratio	31.2	31.0	35.2	32.6	25.0	0.0	22.7	35.6	36.8	0.0
	Signal Level	-68.8	-69.0	-64.8	-67.4	-75.0	0.0	-77.3	-64.4	-63.2	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-5 - -8m	Signal to Noise Ratio	28.0	30.8	38.3	36.2	14.6	30.8	24.2	32.2	35.9	0.0
	Signal Level	-72.0	-69.2	-61.7	-63.8	-85.4	-69.3	-75.8	-67.8	-64.1	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-8 - -11m	Signal to Noise Ratio	28.5	18.1	20.5	8.7	14.9	42.5	25.2	34.5	39.5	0.0
	Signal Level	-71.5	-81.9	-79.5	-91.3	-85.1	-57.5	-74.8	-65.5	-60.5	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0

Tabla 3.5: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Primer Piso Rocio I

PRIMER PISO

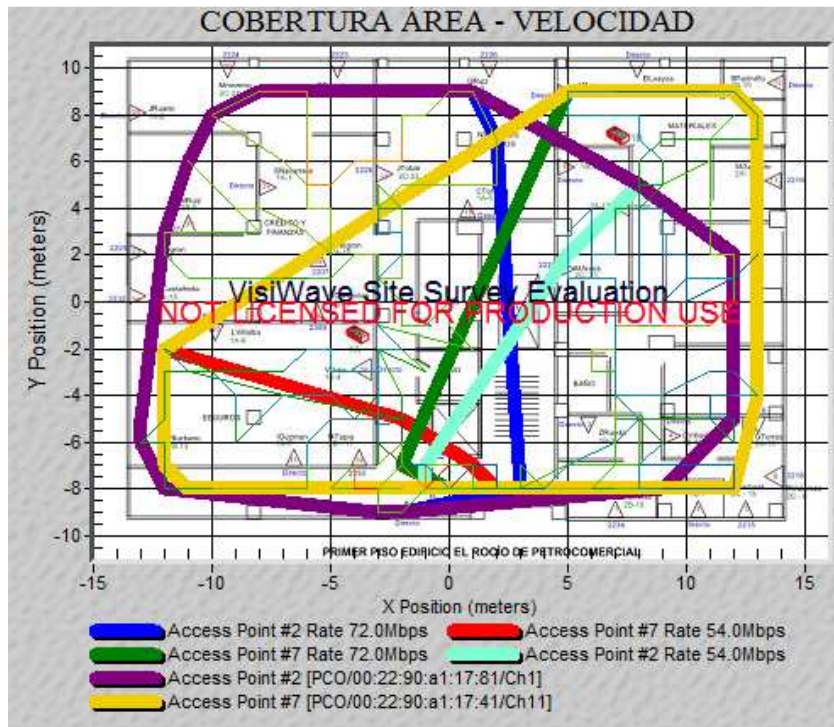


Figura 3.7: Cobertura área- velocidad – Primer Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	50%
Mínima señal registrada	-51dBm
Máxima señal registrada	-94dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-81dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	Ninguno
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP2.1= 00:22:90:a1:17:40 AP2.2= 00:22:90:a1:17:80
Canal de funcionamiento	AP2.1= 11 AP2.2= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	20

Tabla 3.6: Resultados de Site Survey – Primer Piso Rocío I

SEGUNDO PISO

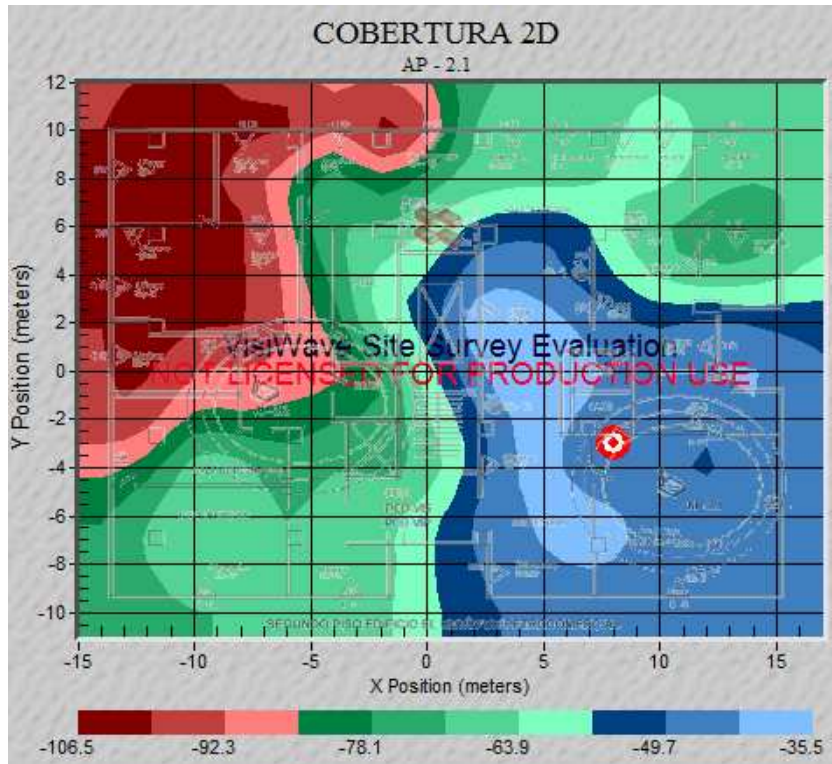


Figura 3.8: Cobertura 2D – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1)

↓ Y	X →	-14 -	-11 -	-8 -	-5 -	-2 -	1 -	4 -	7 -	10 -	13 -
		-11m	-8m	-5m	-2m	1m	4m	7m	10m	13m	16m
10 - 7m	Signal to Noise Ratio	42.0	37.2	33.2	31.9	31.3	32.7	32.8	37.0	34.6	31.3
	Signal Level	-58.0	-62.8	-66.8	-68.1	-68.7	-67.3	-67.2	-63.0	-65.4	-68.7
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
7 - 4m	Signal to Noise Ratio	32.0	35.6	32.3	57.3	32.5	35.5	43.2	34.5	31.9	28.8
	Signal Level	-68.0	-64.4	-67.7	-42.7	-67.5	-64.5	-56.8	-65.5	-68.1	-71.2
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
4 - 1m	Signal to Noise Ratio	35.0	34.5	32.8	36.9	0.0	55.0	49.1	41.5	32.7	27.0
	Signal Level	-65.0	-65.5	-67.2	-63.1	0.0	-45.0	-50.9	-58.5	-67.3	-73.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
1 - -2m	Signal to Noise Ratio	31.0	37.3	38.2	32.0	0.0	61.4	60.5	60.3	56.8	58.0
	Signal Level	-69.0	-62.7	-61.8	-68.0	0.0	-38.6	-39.5	-39.7	-43.2	-42.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-2 - -5m	Signal to Noise Ratio	30.6	38.6	47.0	30.2	46.7	57.0	54.7	54.6	52.4	62.0
	Signal Level	-69.4	-61.4	-53.0	-69.8	-53.3	-43.0	-45.3	-45.4	-47.6	-38.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-5 - -8m	Signal to Noise Ratio	45.2	46.6	42.4	40.8	46.9	54.0	58.3	55.0	50.4	54.0
	Signal Level	-54.8	-53.4	-57.6	-59.2	-53.1	-46.0	-41.7	-45.0	-49.6	-46.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-8 - -11m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	36.7	0.0	57.0	57.2	56.5	55.6	56.5
	Signal Level	0.0	0.0	0.0	-63.3	0.0	-43.0	-42.8	-43.5	-44.4	-43.5
	Noise Level	0.0	0.0	0.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Tabla 3.7: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1)

SEGUNDO PISO

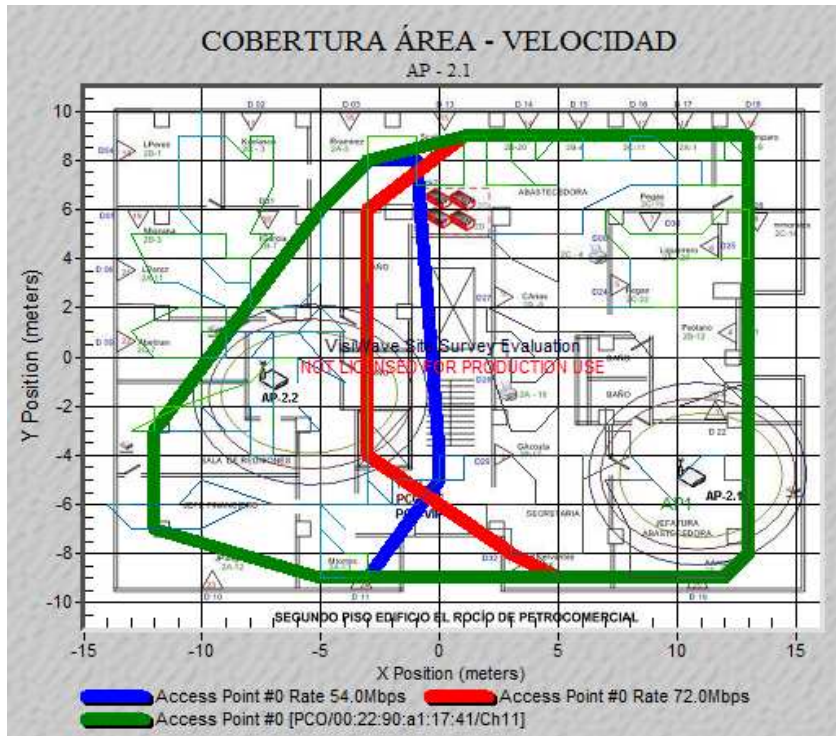


Figura 3.9: Cobertura área- velocidad – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1)

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	70%
Mínima señal registrada	-35dBm
Máxima señal registrada	-106dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-85dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	2 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP2.1= 00:22:90:a1:17:40
Canal de funcionamiento	AP2.1= 11
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	25

Tabla 3.8: Resultados de Site Survey – Segundo Piso Rocío I (AP 2.1)

SEGUNDO PISO

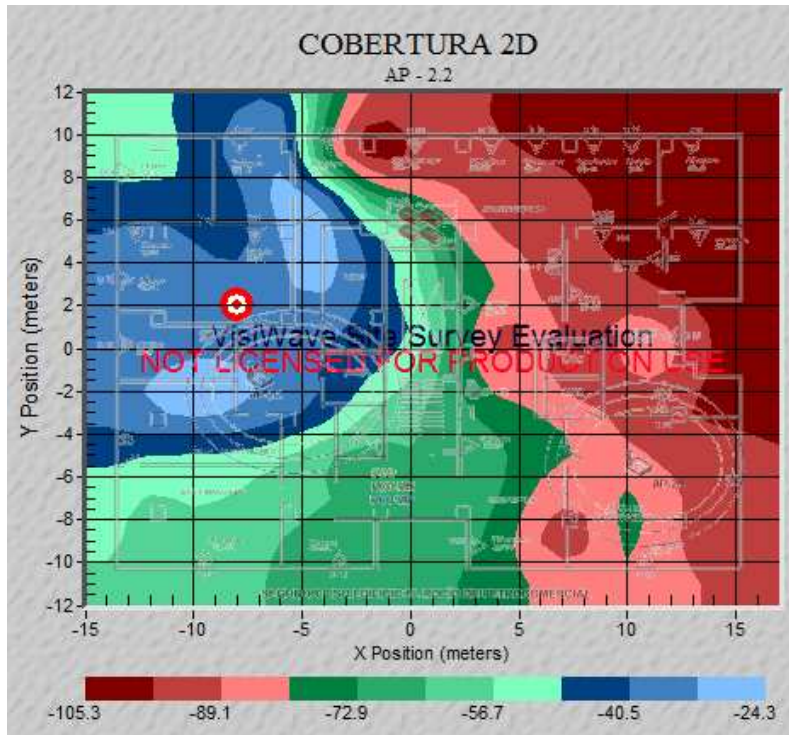


Figura 3.10: Cobertura 2D - Segundo Piso Rocío I (AP 2.2)

↓ Y	X →	-14 - -11m	-11 - -8m	-8 - -5m	-5 - -2m	-2 - 1m	1 - 4m	4 - 7m	7 - 10m	10 - 13m	13 - 16m
10 - 7m	Signal to Noise Ratio	48.6	57.6	68.2	4.7	4.6	4.8	5.2	8.0	10.4	10.8
	Signal Level	-51.4	-42.4	-31.8	-95.3	-95.4	-95.2	-94.8	-92.0	-89.6	-89.2
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
7 - 4m	Signal to Noise Ratio	53.3	53.1	68.2	65.8	0.0	5.7	29.3	32.5	23.7	13.7
	Signal Level	-46.7	-46.9	-31.8	-34.2	0.0	-94.3	-70.7	-67.5	-76.3	-86.3
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
4 - 1m	Signal to Noise Ratio	64.8	57.7	65.5	66.9	53.0	27.7	47.3	53.6	55.6	0.0
	Signal Level	-35.3	-42.3	-34.5	-33.1	-47.0	-72.3	-52.8	-46.4	-44.4	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -2m	Signal to Noise Ratio	61.3	57.6	60.3	60.2	54.4	30.3	29.3	53.3	49.3	46.0
	Signal Level	-38.8	-42.4	-39.7	-39.8	-45.6	-69.7	-70.7	-46.7	-50.8	-54.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-2 - -5m	Signal to Noise Ratio	68.7	69.0	67.3	58.6	33.7	50.2	42.4	52.4	50.3	45.0
	Signal Level	-31.3	-31.0	-32.8	-41.4	-66.3	-49.8	-57.6	-47.6	-49.7	-55.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-5 - -8m	Signal to Noise Ratio	48.5	48.5	44.0	32.6	36.5	32.2	48.0	43.6	47.1	44.2
	Signal Level	-51.5	-51.5	-56.0	-67.4	-63.5	-67.8	-52.0	-56.4	-52.9	-55.8
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-8 - -11m	Signal to Noise Ratio	43.5	43.3	41.4	36.5	0.0	39.7	38.7	40.6	43.5	44.2
	Signal Level	-56.5	-56.7	-58.6	-63.5	0.0	-60.3	-61.3	-59.4	-56.5	-55.8
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Tabla 3.9: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Segundo Piso Rocío I (AP 2.2)

SEGUNDO PISO

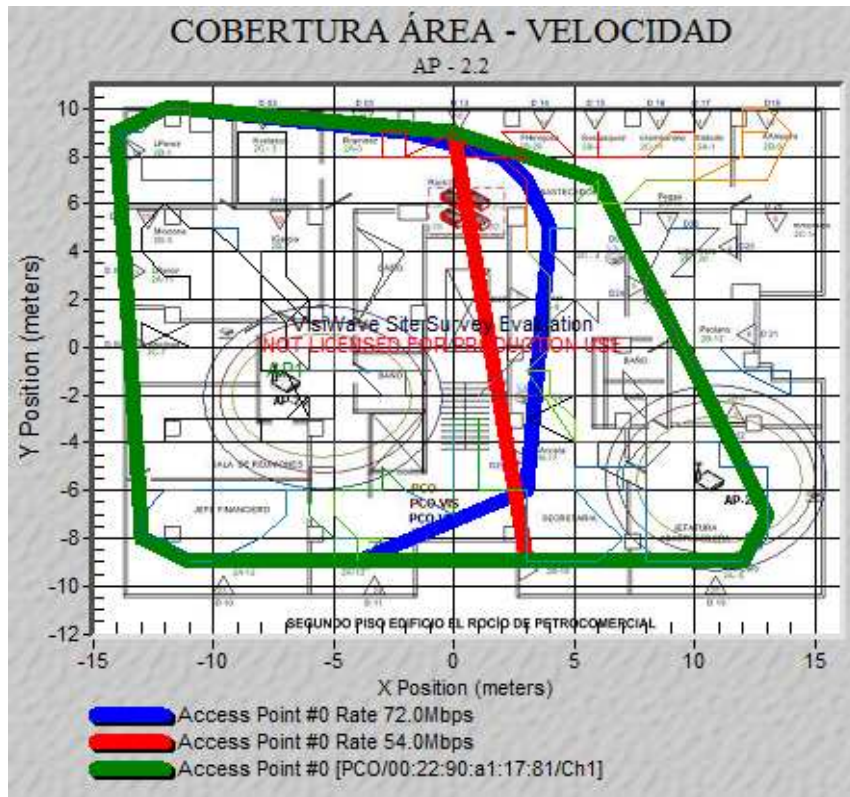


Figura 3.11: Cobertura área- velocidad – Segundo Piso Rocío I (AP 2.2)

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	60%
Mínima señal registrada	-24dBm
Máxima señal registrada	-105dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-80dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	2 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP2.2= 00:22:90:a1:17:80
Canal de funcionamiento	AP2.2= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	25

Tabla 3.10: Resultados de Site Survey – Segundo Piso Rocío I (AP 2.2)

TERCER PISO

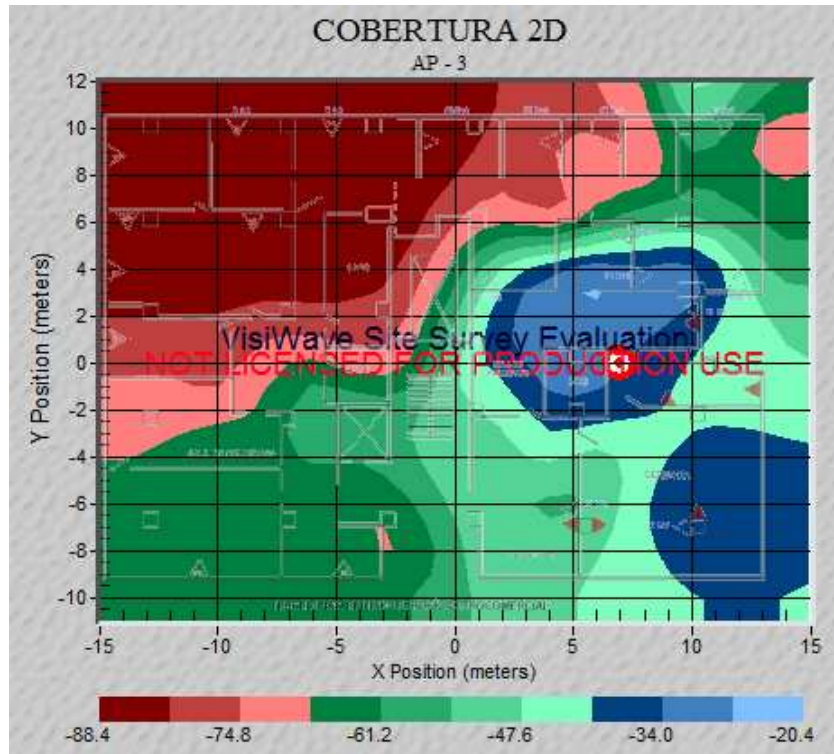


Figura 3.12: Cobertura 2D – Tercer Piso Rocío I

↓ Y	X →	-15 -	-12 -	-9 -	-6 -	-3 -	0 -	3 -	6 -	9 -	12 -
		-12m	-9m	-6m	-3m	0m	3m	6m	9m	12m	15m
11 - 8m	Signal to Noise Ratio	0.0	47.0	47.5	46.7	45.7	38.5	31.0	27.5	55.3	37.6
	Signal Level	0.0	-53.0	-52.5	-53.3	-54.3	-61.5	-69.0	-72.5	-44.7	-62.4
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
8 - 5m	Signal to Noise Ratio	0.0	46.3	45.8	44.5	46.3	45.0	27.3	30.7	42.1	34.8
	Signal Level	0.0	-53.7	-54.2	-55.5	-53.8	-55.0	-72.7	-69.3	-57.9	-65.2
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
5 - 2m	Signal to Noise Ratio	50.3	50.0	46.6	46.0	52.9	0.0	57.3	57.1	61.2	39.0
	Signal Level	-49.7	-50.0	-53.4	-54.0	-47.1	0.0	-42.7	-42.9	-38.8	-61.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
2 - -1m	Signal to Noise Ratio	52.8	55.9	54.7	56.8	60.5	66.2	70.0	66.1	57.8	0.0
	Signal Level	-47.2	-44.1	-45.3	-43.2	-39.5	-33.8	-30.0	-33.9	-42.2	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-1 - -4m	Signal to Noise Ratio	46.5	45.7	46.2	48.0	51.8	54.9	66.6	61.4	58.7	56.5
	Signal Level	-53.5	-54.3	-53.8	-52.0	-48.3	-45.1	-33.4	-38.6	-41.3	-43.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-4 - -7m	Signal to Noise Ratio	33.0	37.0	38.4	39.3	46.2	48.2	50.5	56.2	64.0	60.4
	Signal Level	-67.0	-63.0	-61.6	-60.7	-53.8	-51.8	-49.5	-43.8	-36.0	-39.6
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-7 - -10m	Signal to Noise Ratio	37.0	37.4	35.0	31.6	36.0	50.0	46.0	62.0	64.7	0.0
	Signal Level	-63.0	-62.6	-65.0	-68.4	-64.0	-50.0	-54.0	-38.0	-35.3	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0

Tabla 3.11: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Tercer Piso Rocío I

TERCER PISO

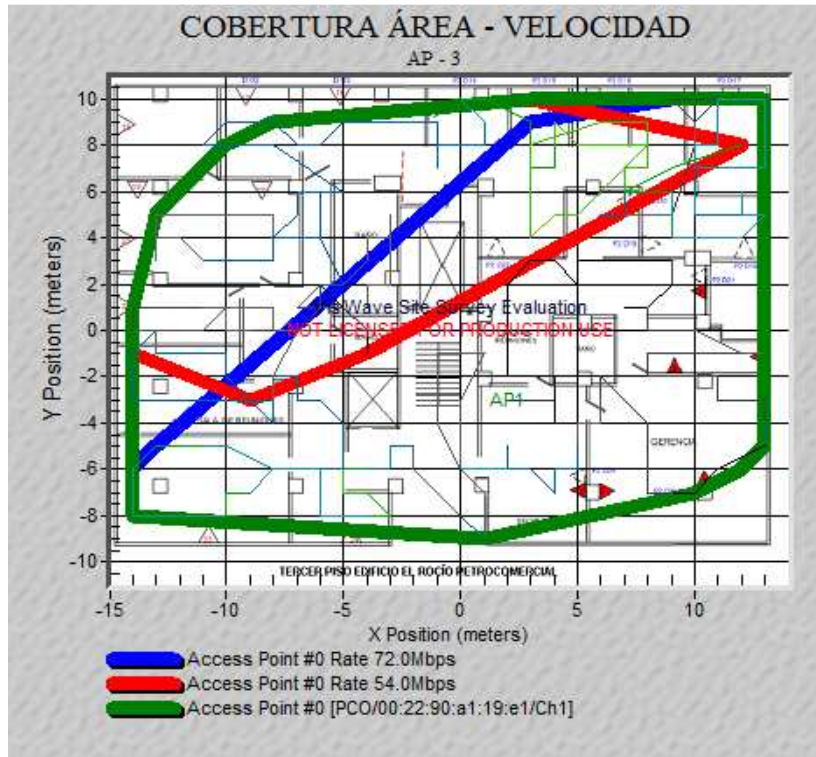


Figura 3.13: Cobertura área- velocidad – Tercer Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	60%
Mínima señal registrada	-20dBm
Máxima señal registrada	-88dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-68dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	2 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP2.2= 00:22:90:a1:19:e1
Canal de funcionamiento	AP3= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	20

Tabla 3.12: Resultados de Site Survey – Tercer Piso Rocío I

CUARTO PISO

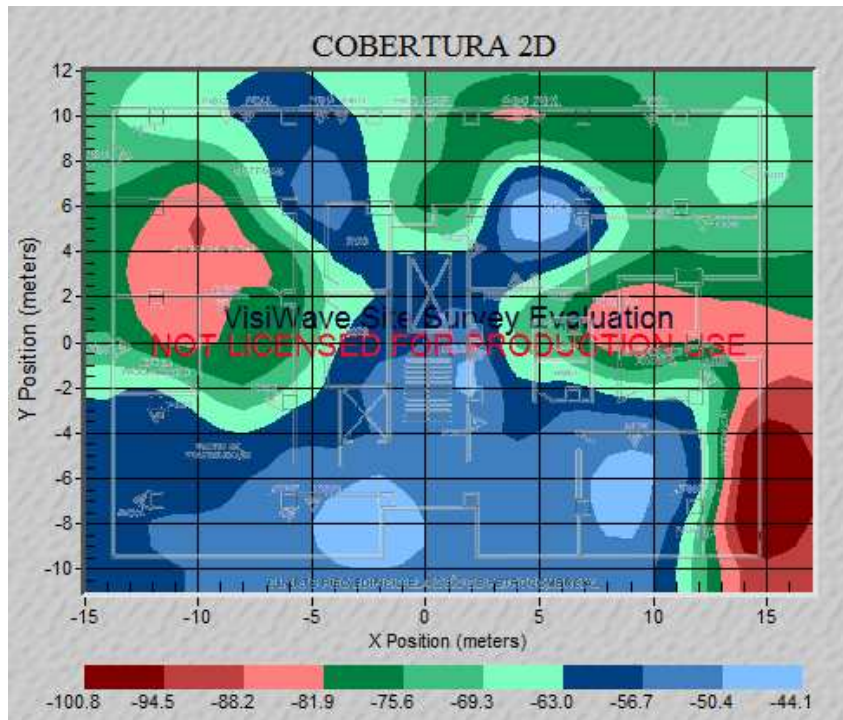


Figura 3.14: Cobertura 2D – Cuarto Piso Rocío I

↓ Y	X →	-14 - -11m	-11 - -8m	-8 - -5m	-5 - -2m	-2 - 1m	1 - 4m	4 - 7m	7 - 10m	10 - 13m	13 - 16m
9 - 6m	Signal to Noise Ratio	24.5	34.4	41.7	0.0	34.7	20.5	24.3	29.9	30.1	32.9
	Signal Level	-75.5	-65.6	-58.3	0.0	-65.3	-79.5	-75.7	-70.1	-69.9	-67.1
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
6 - 3m	Signal to Noise Ratio	11.6	22.9	38.1	0.0	37.8	41.8	54.8	31.1	30.0	30.6
	Signal Level	-88.4	-77.1	-61.9	0.0	-62.2	-58.2	-45.2	-68.9	-70.0	-69.4
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
3 - 0m	Signal to Noise Ratio	13.2	23.1	17.6	33.3	34.5	38.1	30.8	22.5	24.7	0.0
	Signal Level	-86.8	-76.9	-82.4	-66.7	-65.5	-61.9	-69.2	-77.5	-75.3	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
0 - -3m	Signal to Noise Ratio	15.7	21.4	17.9	38.8	0.0	38.6	37.5	14.6	15.4	14.6
	Signal Level	-84.3	-78.6	-82.1	-61.2	0.0	-61.4	-62.5	-85.4	-84.6	-85.4
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-3 - -6m	Signal to Noise Ratio	42.3	32.8	43.7	35.0	42.6	46.4	45.1	35.5	34.1	8.6
	Signal Level	-57.7	-67.2	-56.3	-65.0	-57.4	-53.6	-54.9	-64.5	-65.9	-91.4
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-6 - -9m	Signal to Noise Ratio	40.3	41.3	42.9	55.6	42.6	46.8	45.0	48.3	45.3	1.6
	Signal Level	-59.8	-58.7	-57.1	-44.4	-57.4	-53.2	-55.0	-51.7	-54.7	-99.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-9 - -12m	Signal to Noise Ratio	45.0	0.0	46.6	50.0	0.0	48.0	47.2	48.2	0.0	1.0
	Signal Level	-55.0	0.0	-53.4	-50.0	0.0	-52.0	-52.8	-51.8	0.0	-99.0
	Noise Level	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0

Tabla 3.13: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Cuarto Piso Rocío I

CUARTO PISO

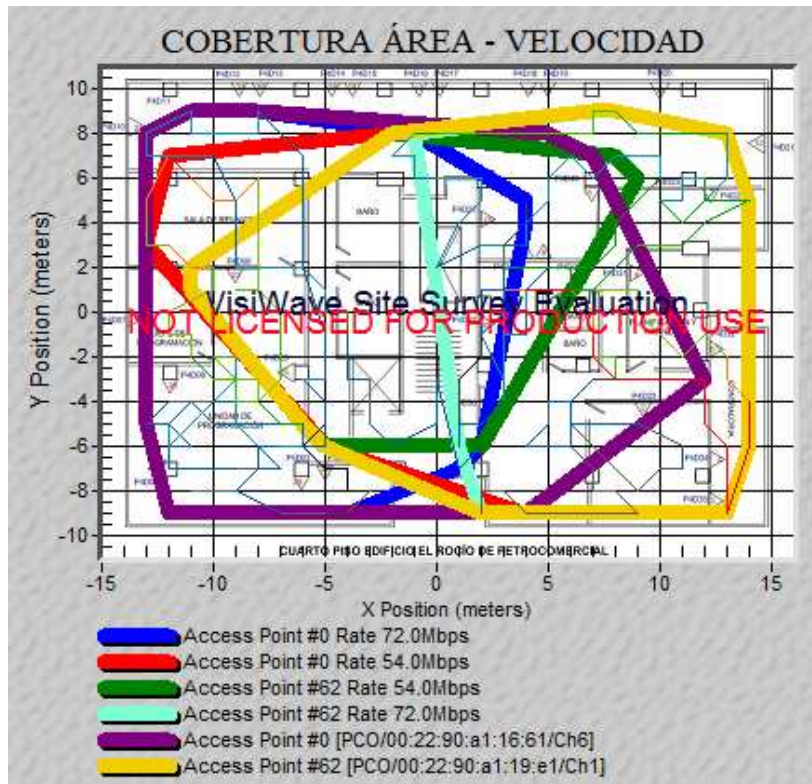


Figura 3.15: Cobertura área- velocidad – Cuarto Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	75%
Mínima señal registrada	-44dBm
Máxima señal registrada	-100dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-81dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	Ninguno
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP3= 00:22:90:a1:19:e0 AP5= 00:22:90:a1:16:60
Canal de funcionamiento	AP3= 1 AP5= 6
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	25

Tabla 3.14. Resultados de Site Survey – Cuarto Piso Rocío I

QUINTO PISO

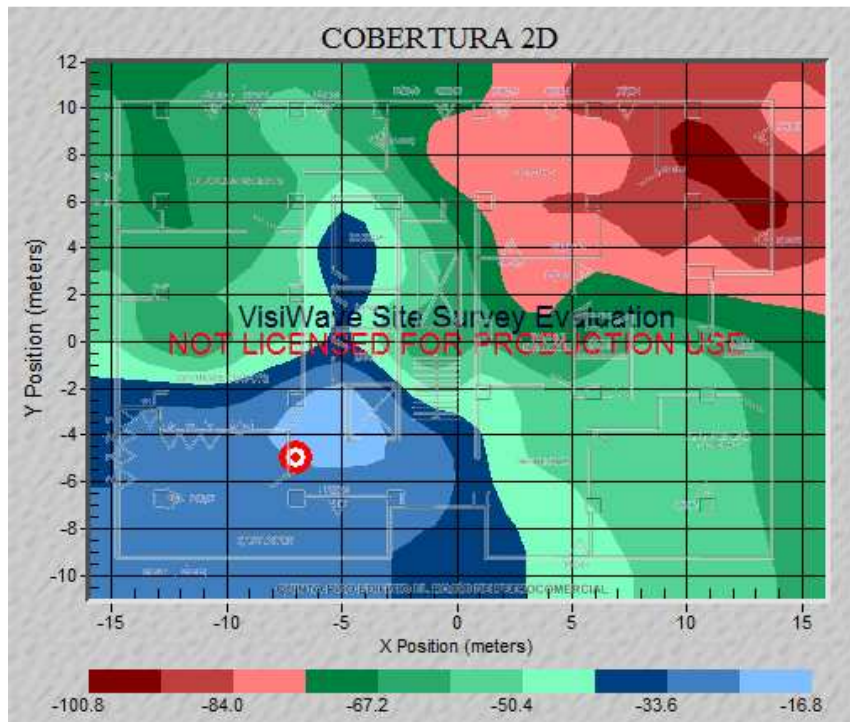


Figura 3.16: Cobertura 2D – Quinto Piso Rocío I

↓ Y	X →	-14 - -11m	-11 - -8m	-8 - -5m	-5 - -2m	-2 - 1m	1 - 4m	4 - 7m	7 - 10m	10 - 13m	13 - 16m
		10 - 7m	Signal to Noise Ratio	3.9	41.8	43.7	34.4	0.0	0.0	0.0	1.0
	Signal Level	-107.1	-58.2	-56.3	-65.6	-118.0	-117.8	-114.5	-99.0	-94.4	-96.9
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
7 - 4m	Signal to Noise Ratio	17.6	21.8	16.4	1.5	0.0	0.0	0.0	1.6	8.6	0.0
	Signal Level	-89.9	-82.7	-88.9	-106.9	-116.2	-117.4	-118.5	-106.5	-91.4	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
4 - 1m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.2	34.8	0.0	0.0	0.0	0.8	3.8	31.6	0.0
	Signal Level	-106.5	-109.5	-68.7	-119.5	0.0	-109.9	-104.4	-109.0	-68.4	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -2m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.3	34.9	0.0
	Signal Level	-110.3	-106.0	-95.6	-118.8	-120.0	-110.9	-113.0	-57.7	-65.1	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-2 - -5m	Signal to Noise Ratio	69.5	0.0	60.6	0.0	0.0	0.0	45.8	48.5	0.0	0.0
	Signal Level	-30.5	-104.0	-41.0	-116.3	-117.9	0.0	-54.3	-51.5	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0
-5 - -8m	Signal to Noise Ratio	68.4	73.9	75.3	60.1	55.1	47.6	43.0	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-31.6	-26.1	-24.7	-43.8	-47.3	-53.4	-57.0	0.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	0.0
-8 - -11m	Signal to Noise Ratio	68.8	66.8	67.4	67.8	0.0	56.0	52.8	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-31.2	-33.3	-32.6	-32.2	0.0	-44.0	-47.2	0.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 3.15: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Quinto Piso Rocío I

QUINTO PISO

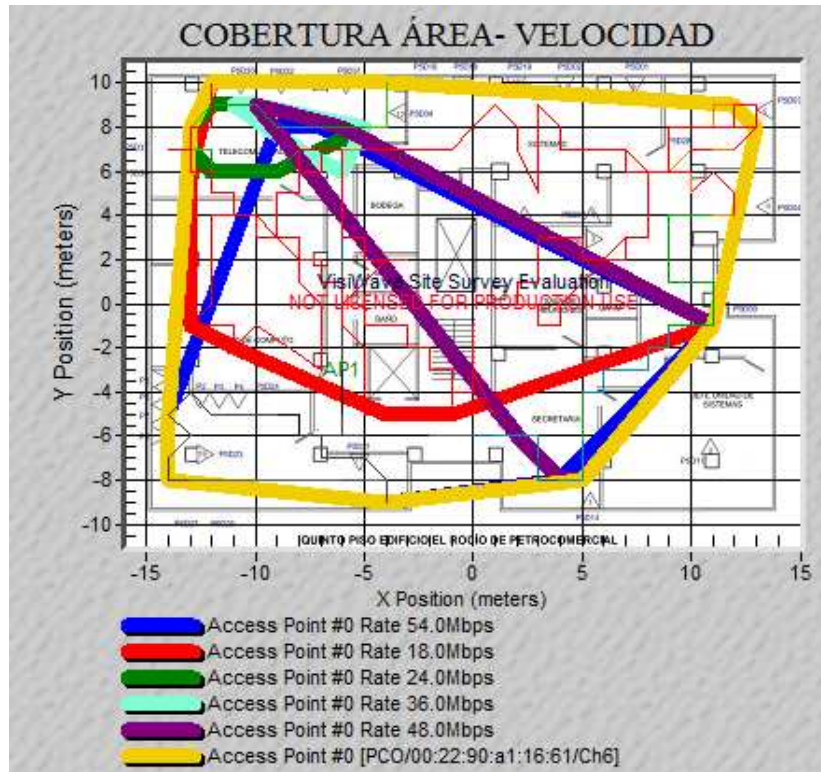


Figura 3.17: Cobertura área- velocidad – Quinto Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	75%
Mínima señal registrada	-17dBm
Máxima señal registrada	-100dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-75dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	1 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	54 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	18 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP5= 00:22:90:a1:16:60
Canal de funcionamiento	AP5= 6
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	20

Tabla 3.16: Resultados de Site Survey – Quinto Piso Rocío I

SEXTO PISO

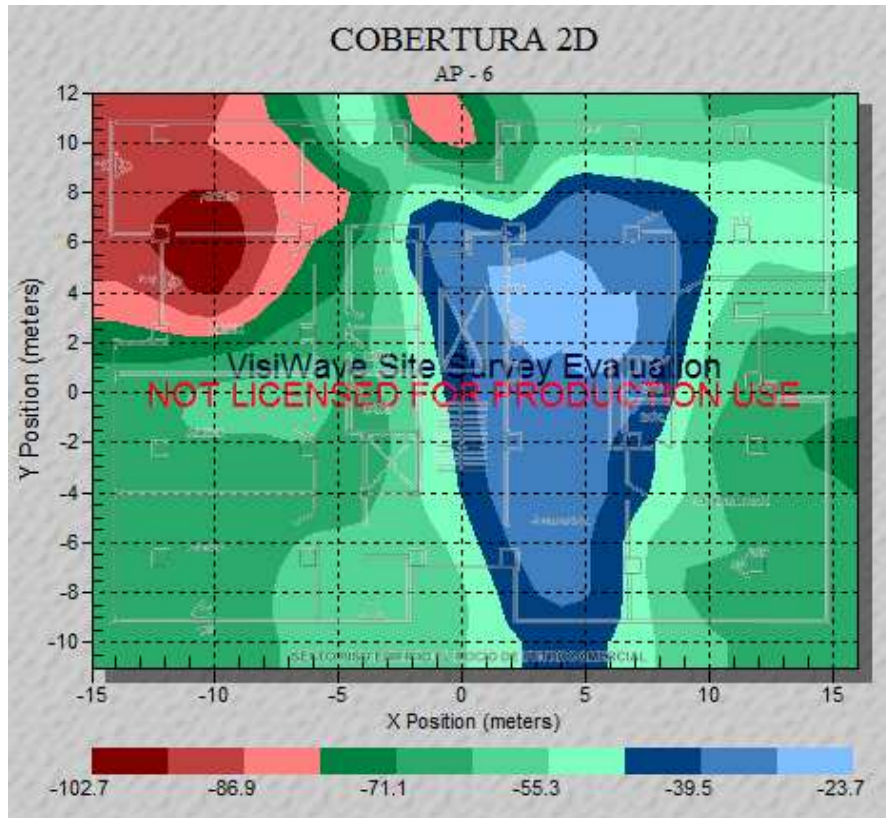


Figura 3.18: Cobertura 2D – Sexto Piso Rocío I

↓ Y	X →	-14- -11m	-11- -8m	-8- -5m	-5- -2m	-2- 1m	1- 4m	4- 7m	7- 10m	10- 13m	13- 16m
11- 8m	Signal to Noise Ratio	8.0	11.0	27.8	37.3	10.2	39.0	39.5	39.0	35.3	38.6
	Signal Level	-92.0	-89.9	-74.4	-70.2	-101.7	-61.0	-60.5	-61.0	-64.8	-61.4
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
8- 5m	Signal to Noise Ratio	9.7	0.0	19.8	21.1	34.9	51.2	57.8	50.1	50.5	45.0
	Signal Level	-92.0	-101.8	-80.2	-90.4	-70.0	-48.8	-42.2	-49.9	-49.5	-55.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
5- 2m	Signal to Noise Ratio	0.0	1.0	20.6	31.5	67.4	68.1	64.8	55.3	45.1	48.3
	Signal Level	0.0	-100.1	-79.6	-68.5	-32.6	-31.9	-35.2	-44.7	-54.9	-51.8
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
2- -1m	Signal to Noise Ratio	19.1	26.5	31.9	35.0	0.0	68.0	69.6	45.8	36.0	36.0
	Signal Level	-83.5	-73.5	-68.1	-65.0	0.0	-32.0	-30.4	-54.2	-64.0	-64.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-1- -4m	Signal to Noise Ratio	33.2	0.0	37.8	33.0	0.0	68.3	62.2	37.1	35.8	29.6
	Signal Level	-66.8	0.0	-62.3	-67.0	0.0	-31.7	-37.8	-62.9	-64.2	-70.4
	Noise Level	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-4- -7m	Signal to Noise Ratio	36.2	35.0	36.5	34.2	0.0	65.8	59.7	51.5	29.0	29.8
	Signal Level	-63.8	-65.0	-63.5	-65.8	0.0	-34.2	-40.3	-48.5	-71.0	-70.2
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-7- -10m	Signal to Noise Ratio	34.7	36.0	38.3	40.1	39.4	61.3	57.1	33.9	37.0	33.5
	Signal Level	-65.3	-64.0	-61.7	-59.9	-60.6	-38.8	-42.9	-66.1	-63.0	-66.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Tabla 3.17: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Sexto Piso Rocío I

SEXTO PISO



Figura 3.19: Cobertura área- velocidad – Sexto Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	80%
Mínima señal registrada	-23dBm
Máxima señal registrada	-102dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-79dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	1 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP6= 00:23:04:30:b8:70
Canal de funcionamiento	AP6= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	15

Tabla 3.18: Resultados de Site Survey – Sexto Piso Rocío I

SÉPTIMO PISO

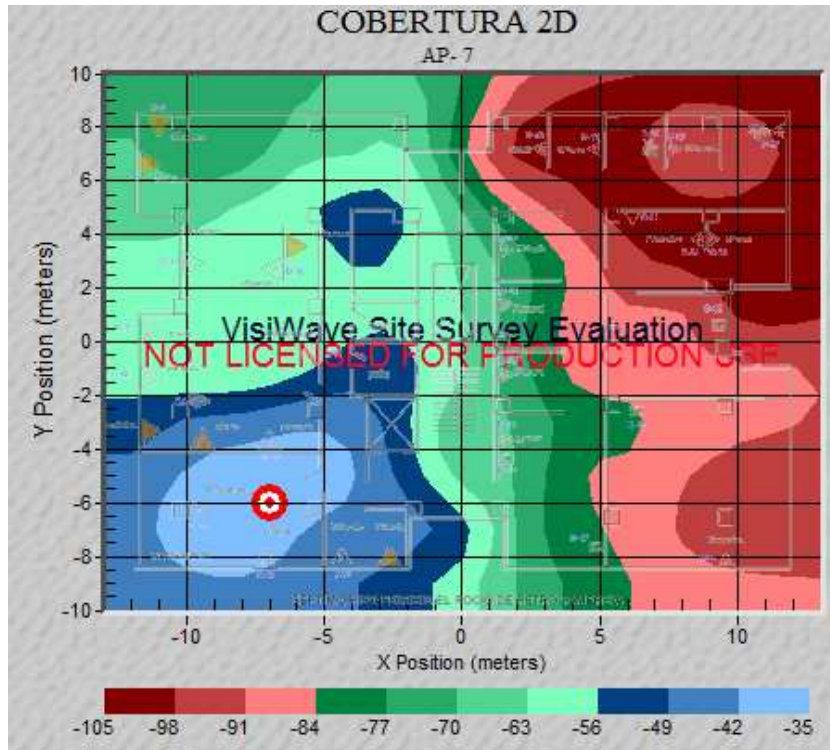


Figura 3.20: Cobertura 2D – Séptimo Piso Rocío I

↓ Y	X →	-11 - -8m	-8 - -5m	-5 - -2m	-2 - 1m	1 - 4m	4 - 7m	7 - 10m	10 - 13m
9 - 6m	Signal to Noise Ratio	24.8	29.7	34.4	0.0	25.9	23.2	27.4	25.1
	Signal Level	-75.2	-70.3	-65.6	0.0	-74.1	-76.8	-72.6	-74.9
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
6 - 3m	Signal to Noise Ratio	25.1	36.9	40.8	17.2	26.5	23.0	16.6	13.7
	Signal Level	-74.9	-63.1	-59.2	-82.8	-73.5	-77.0	-83.4	-86.3
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
3 - 0m	Signal to Noise Ratio	39.7	37.0	43.9	30.3	24.6	20.6	22.6	21.0
	Signal Level	-60.3	-63.0	-56.1	-69.7	-75.4	-79.4	-77.4	-79.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
0 - -3m	Signal to Noise Ratio	39.8	40.0	45.4	54.0	19.1	18.1	18.5	19.4
	Signal Level	-60.2	-60.0	-54.6	-46.0	-80.9	-81.9	-81.5	-80.6
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-3 - -6m	Signal to Noise Ratio	52.4	54.3	52.7	33.0	23.4	17.0	10.1	10.3
	Signal Level	-47.6	-45.7	-47.3	-67.0	-76.6	-83.0	-89.9	-89.7
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-6 - -9m	Signal to Noise Ratio	62.0	58.6	53.3	58.0	20.0	15.6	4.4	5.3
	Signal Level	-38.0	-41.4	-46.7	-42.0	-80.0	-84.4	-95.6	-94.7
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Tabla 3.19: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Séptimo Piso Rocío I

SÉPTIMO PISO

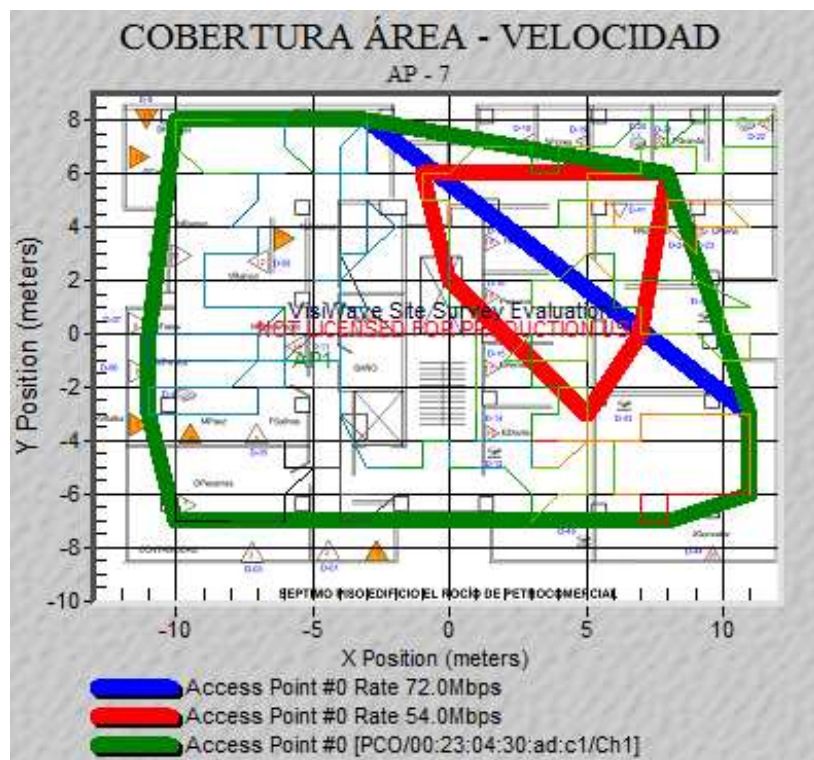


Figura 3.21: Cobertura área- velocidad – Séptimo Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	60%
Mínima señal registrada	-35dBm
Máxima señal registrada	-105dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-84dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	1 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP7= 00:23:04:30:ad:c1
Canal de funcionamiento	AP7= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	20

Tabla 3.20: Resultados de Site Survey – Séptimo Piso Rocío I

OCTAVO PISO

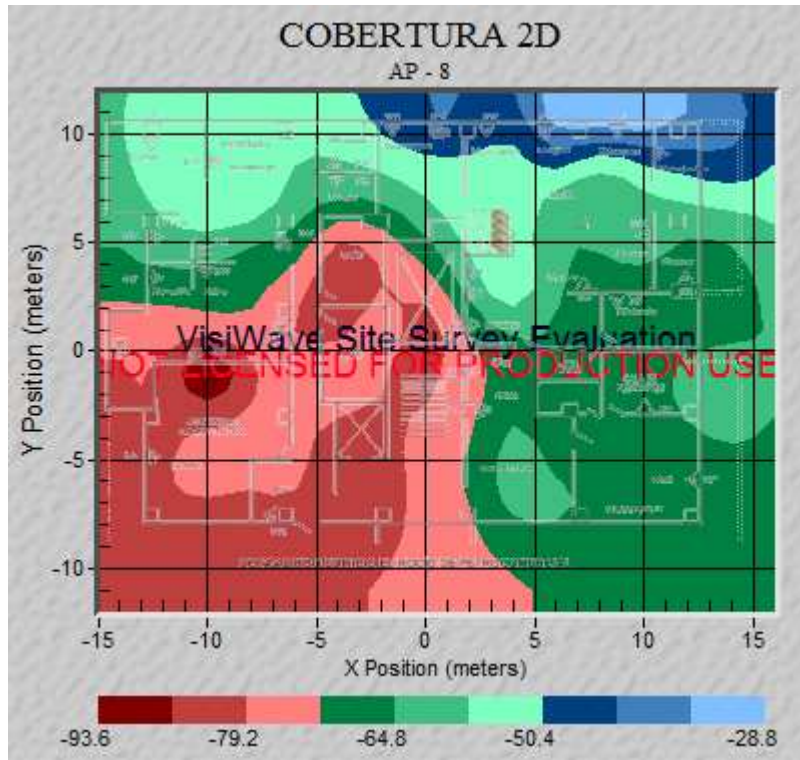


Figura 3.22 Cobertura 2D – Octavo Piso Rocío I

↓ Y	X →	-15 -	-12 -	-9 -	-6 -	-3 -	0 -	3 -	6 -	9 -	12 -
		-12m	-9m	-6m	-3m	0m	3m	6m	9m	12m	15m
11 - 8m	Signal to Noise Ratio	0.0	47.8	45.0	42.8	54.3	55.3	58.5	68.9	65.4	60.0
	Signal Level	0.0	-52.2	-55.0	-57.3	-45.7	-44.7	-41.5	-31.1	-34.6	-40.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
8 - 5m	Signal to Noise Ratio	0.0	47.8	47.6	41.0	45.8	48.1	47.7	34.5	44.9	49.5
	Signal Level	0.0	-52.2	-52.4	-59.0	-54.3	-51.9	-52.3	-65.5	-55.1	-50.5
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
5 - 2m	Signal to Noise Ratio	37.0	35.3	33.5	53.4	39.0	46.5	39.8	39.3	40.0	31.3
	Signal Level	-63.0	-64.7	-66.5	-46.6	-61.0	-53.5	-60.2	-60.8	-60.0	-68.8
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
2 - -1m	Signal to Noise Ratio	28.8	34.4	28.6	40.4	35.6	38.3	47.0	31.4	31.7	31.5
	Signal Level	-71.2	-65.6	-71.4	-59.6	-64.4	-61.7	-53.0	-68.6	-68.3	-68.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-1 - -4m	Signal to Noise Ratio	23.4	39.8	40.6	29.0	20.0	20.7	32.2	32.0	34.6	38.5
	Signal Level	-76.6	-60.3	-59.4	-71.0	-80.0	-79.3	-67.8	-68.0	-65.4	-61.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-4 - -7m	Signal to Noise Ratio	0.0	39.8	32.1	22.1	21.5	26.9	36.6	29.6	31.0	32.0
	Signal Level	0.0	-60.2	-67.9	-77.9	-78.5	-73.1	-63.4	-70.4	-69.0	-68.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-7 - -10m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.3	35.0	28.0	0.0
	Signal Level	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-60.8	-65.0	-72.0	0.0
	Noise Level	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0

Tabla 3.21: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Octavo Piso Rocío I

OCTAVO PISO

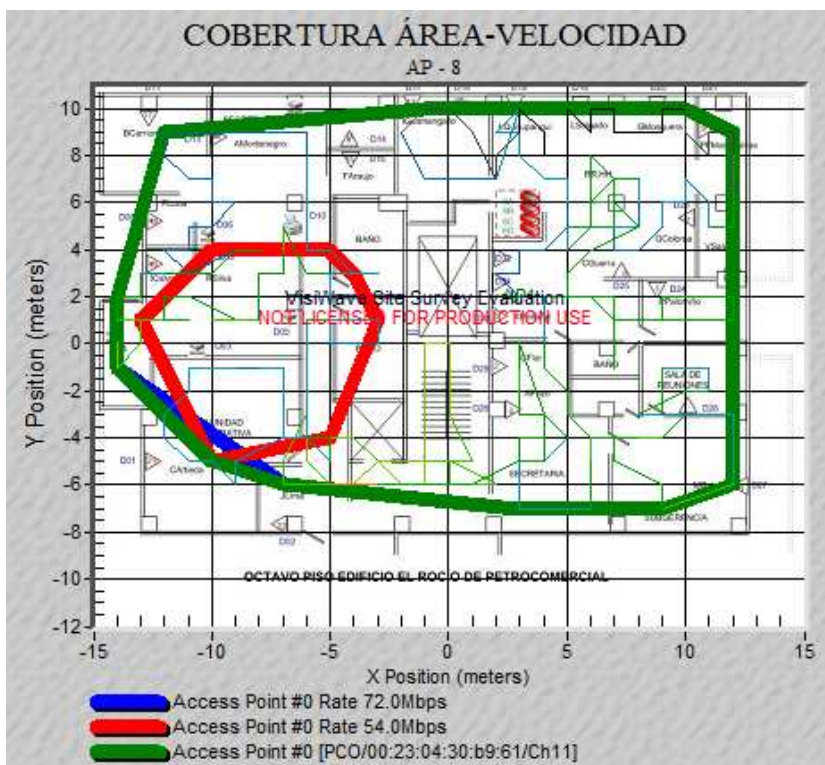


Figura 3.23: Cobertura área- velocidad – Octavo Piso Rocío I

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	60%
Mínima señal registrada	-28dBm
Máxima señal registrada	-93dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-72dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	1 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	2 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP8= 00:23:04:30:b9:61
Canal de funcionamiento	AP8= 11
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	15

Tabla 3.22: Resultados de Site Survey – Octavo Piso Rocío I

NOVENO PISO

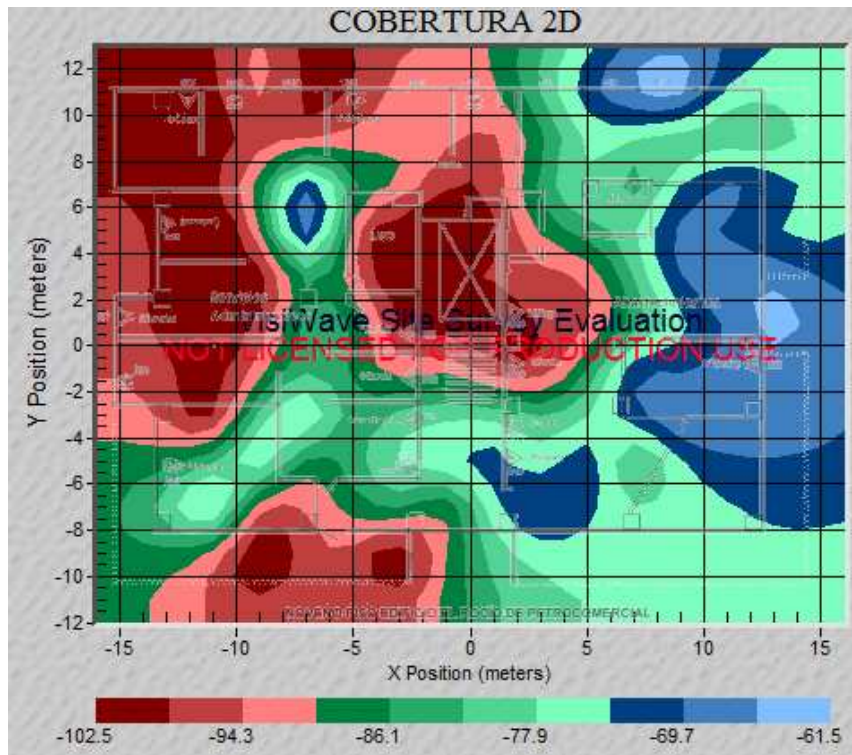


Figura 3.24: Cobertura 2D – Noveno Piso Rocío I

↓ Y	X →	-14 - -11m	-11 - -8m	-8 - -5m	-5 - -2m	-2 - 1m	1 - 4m	4 - 7m	7 - 10m	10 - 13m
		12 - 9m	Signal to Noise Ratio	0.0	28.0	30.4	10.2	16.5	8.0	36.0
	Signal Level	0.0	-72.0	-69.6	-90.6	-83.5	-92.0	-64.0	-64.0	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
9 - 6m	Signal to Noise Ratio	26.2	9.6	15.5	9.0	6.3	8.0	26.4	18.0	19.3
	Signal Level	-73.8	-90.4	-84.5	-91.0	-93.7	-92.0	-73.6	-82.0	-80.8
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
6 - 3m	Signal to Noise Ratio	0.0	31.7	21.5	8.3	11.5	14.4	18.8	26.8	29.5
	Signal Level	0.0	-68.3	-78.5	-95.8	-88.5	-85.6	-81.2	-73.2	-70.5
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
3 - 0m	Signal to Noise Ratio	0.0	32.4	21.2	20.1	4.0	6.0	12.8	33.3	32.3
	Signal Level	0.0	-67.6	-80.8	-79.9	-96.0	-94.0	-87.2	-66.7	-67.7
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
0 - -3m	Signal to Noise Ratio	26.0	27.3	11.7	29.0	2.3	0.0	13.9	26.8	29.0
	Signal Level	-74.0	-72.8	-91.9	-71.0	-99.9	-101.7	-86.1	-73.2	-71.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-3 - -6m	Signal to Noise Ratio	17.2	21.9	18.0	17.8	25.4	2.0	25.4	35.0	33.5
	Signal Level	-82.8	-78.1	-82.8	-82.3	-74.6	-98.0	-74.6	-65.0	-66.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-6 - -9m	Signal to Noise Ratio	24.0	21.2	12.1	16.8	21.9	20.4	30.8	0.0	0.0
	Signal Level	-76.0	-78.8	-89.2	-84.2	-78.6	-79.6	-69.2	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0
-9 - -12m	Signal to Noise Ratio	24.0	25.0	25.3	29.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-76.0	-75.0	-74.7	-70.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabla 3.23: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Noveno Piso Rocío I

3.1.2.2 Resultados del Rocío II

PLANTA BAJA

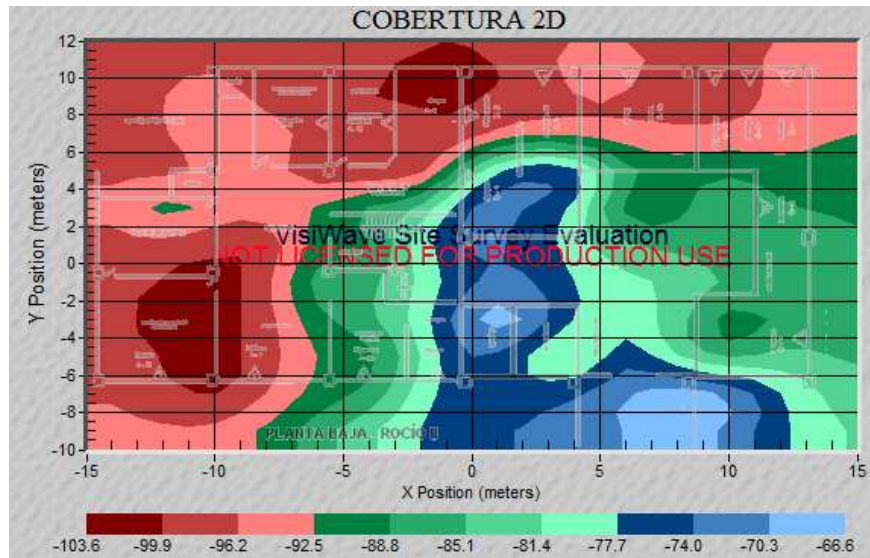


Figura 3.26: Cobertura 2D – Planta Baja Rocío II

↓ Y	X →	-13 -	-10 -	-7 -	-4 -	-1 -	2 -	5 -	8 -	11 -
		-10m	-7m	-4m	-1m	2m	5m	8m	11m	14m
10 - 7m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	2.0	1.5	0.5	6.2	3.3	2.3	6.0
	Signal Level	0.0	-103.5	-99.5	-99.0	-99.9	-93.8	-96.8	-97.7	-94.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
7 - 4m	Signal to Noise Ratio	0.0	4.5	1.5	0.8	0.8	3.9	2.3	0.0	0.0
	Signal Level	0.0	-97.6	-101.2	-101.9	-100.0	-96.2	-97.7	0.0	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0
4 - 1m	Signal to Noise Ratio	5.4	6.6	5.0	3.6	23.2	23.8	5.0	17.0	0.0
	Signal Level	-94.6	-94.4	-96.9	-98.0	-76.8	-76.2	-101.4	-83.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -2m	Signal to Noise Ratio	0.3	1.3	8.4	18.0	0.0	0.0	17.0	12.8	14.7
	Signal Level	-102.3	-100.8	-91.6	-84.3	0.0	0.0	-83.0	-87.2	-85.3
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0
-2 - -5m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	11.9	17.9	31.0	0.0	0.0	16.0	14.0
	Signal Level	-104.7	-107.0	-88.1	-82.9	-69.0	0.0	0.0	-84.0	-86.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0
-5 - -8m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	10.9	10.5	24.3	17.7	25.9	15.6	14.6
	Signal Level	0.0	-107.4	-89.1	-93.7	-77.3	-82.3	-74.1	-84.4	-85.4
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-8 - -11m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	24.4	33.1	35.3	43.0	20.0
	Signal Level	0.0	0.0	0.0	0.0	-75.6	-66.9	-64.7	-57.0	-80.0
	Noise Level	0.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0

Tabla 3.25: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Planta Baja Rocío II

PLANTA BAJA

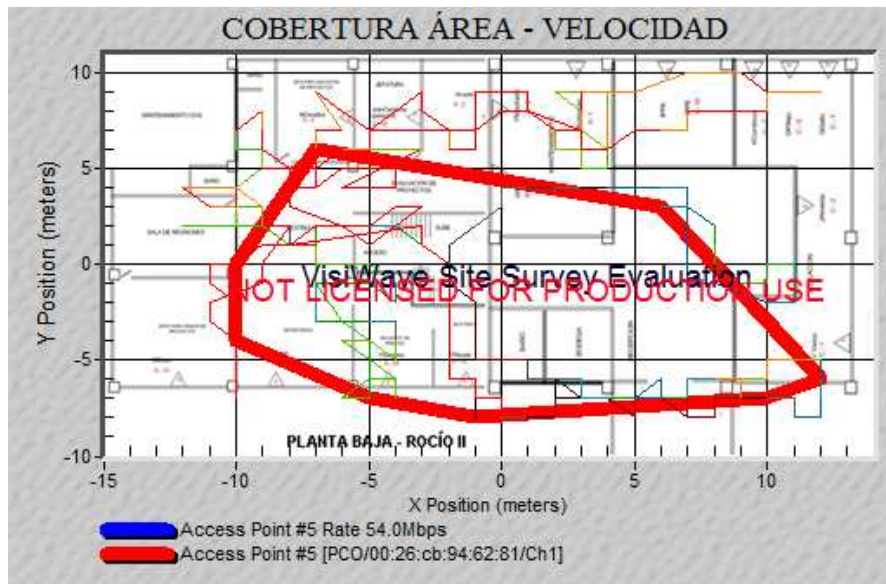


Figura 3.27: Cobertura área- velocidad – Planta Baja Rocío II

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	40%
Mínima señal registrada	-66dBm
Máxima señal registrada	-103dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-92dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	Ninguno
Número de Puntos de Acceso requeridos	1 AP
Velocidad de Cobertura	54 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP1= 00:26:cb:94:62:81
Canal de funcionamiento	AP1= 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	10

Tabla 3.26: Resultados de Site Survey – Planta Baja Rocío II

PRIMER PISO

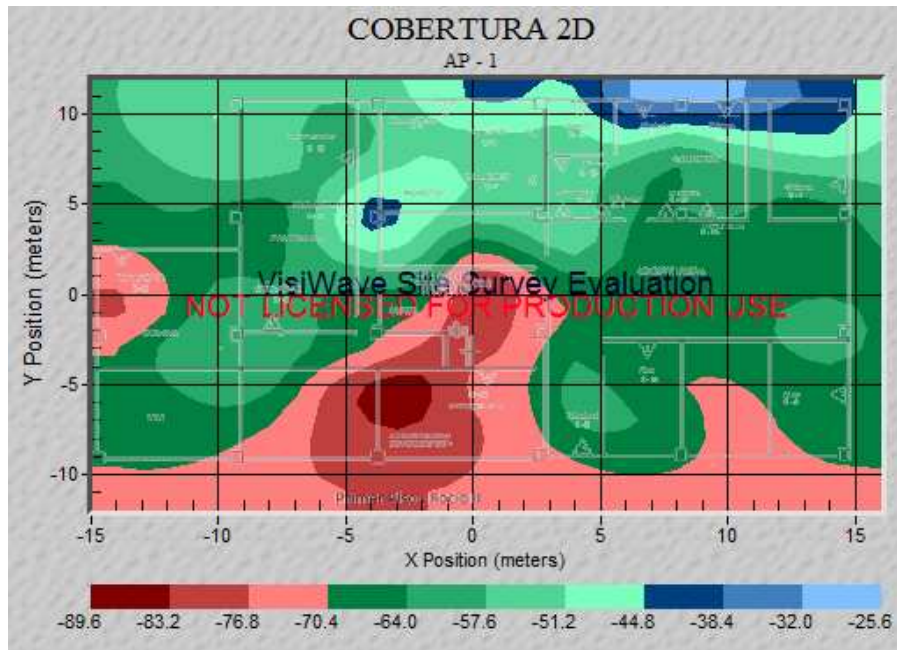


Figura 3.28: Cobertura 2D – Primer Piso Rocío II

↓ Y	X →	-15 -	-12 -	-9 -	-6 -	-3 -	0 -	3 -	6 -	9 -	12 -
		-12m	-9m	-6m	-3m	0m	3m	6m	9m	12m	15m
11 - 8m	Signal to Noise Ratio	0.0	47.8	45.0	42.8	54.3	55.3	58.5	68.9	65.4	60.0
	Signal Level	0.0	-52.2	-55.0	-57.3	-45.7	-44.7	-41.5	-31.1	-34.6	-40.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
8 - 5m	Signal to Noise Ratio	0.0	47.8	47.6	41.0	45.8	48.1	47.7	34.5	44.9	49.5
	Signal Level	0.0	-52.2	-52.4	-59.0	-54.3	-51.9	-52.3	-65.5	-55.1	-50.5
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
5 - 2m	Signal to Noise Ratio	37.0	35.3	33.5	53.4	39.0	46.5	39.8	39.3	40.0	31.3
	Signal Level	-63.0	-64.7	-66.5	-46.6	-61.0	-53.5	-60.2	-60.8	-60.0	-68.8
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
2 - -1m	Signal to Noise Ratio	28.8	34.4	28.6	40.4	35.6	38.3	47.0	31.4	31.7	31.5
	Signal Level	-71.2	-65.6	-71.4	-59.6	-64.4	-61.7	-53.0	-68.6	-68.3	-68.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-1 - -4m	Signal to Noise Ratio	23.4	39.8	40.6	29.0	20.0	20.7	32.2	32.0	34.6	38.5
	Signal Level	-76.6	-60.3	-59.4	-71.0	-80.0	-79.3	-67.8	-68.0	-65.4	-61.5
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-4 - -7m	Signal to Noise Ratio	0.0	39.8	32.1	22.1	21.5	26.9	36.6	29.6	31.0	32.0
	Signal Level	0.0	-60.2	-67.9	-77.9	-78.5	-73.1	-63.4	-70.4	-69.0	-68.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0
-7 - -10m	Signal to Noise Ratio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	39.3	35.0	28.0	0.0
	Signal Level	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-60.8	-65.0	-72.0	0.0
	Noise Level	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0

Tabla 3.27: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Primer Piso Rocío II

SEGUNDO PISO

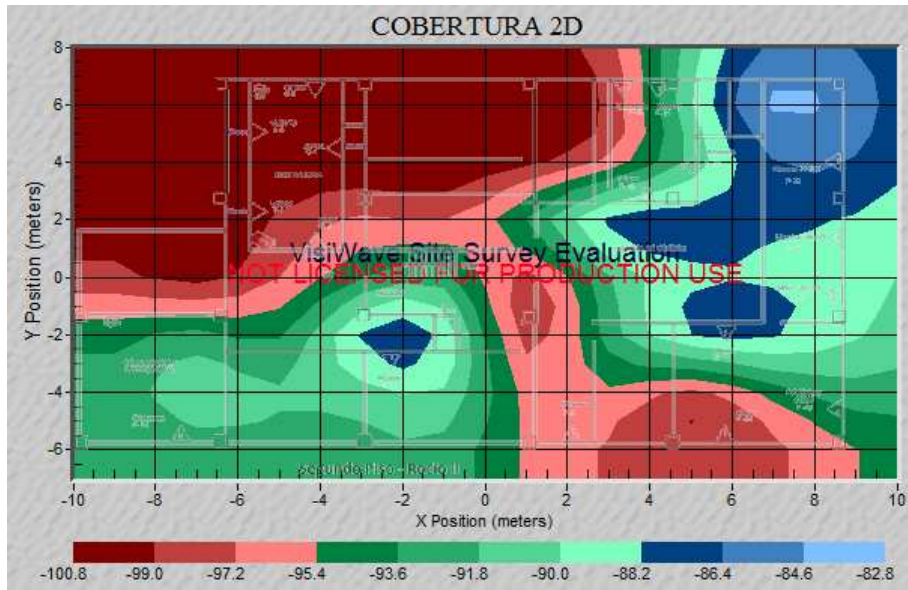


Figura 3.30: Cobertura 2D – Segundo Piso Rocío II

↓ Y	X →	-9 -	-7 -	-5 -	-3 -	-1 -	1 -	3 -	5 -	7 -
		-7m	-5m	-3m	-1m	1m	3m	5m	7m	9m
7 - 5m	Signal to Noise Ratio	35.0	34.5	34.0	34.1	25.0	27.0	9.2	13.6	0.0
	Signal Level	-65.0	-65.5	-66.0	-65.9	-75.0	-73.0	-90.8	-86.4	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
5 - 3m	Signal to Noise Ratio	33.0	33.0	0.0	33.8	23.6	22.5	3.8	16.2	0.0
	Signal Level	-67.0	-67.0	0.0	-66.2	-76.4	-77.5	-99.0	-83.8	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
3 - 1m	Signal to Noise Ratio	0.0	30.5	40.2	28.4	24.4	19.3	9.8	14.5	0.0
	Signal Level	0.0	-69.5	-59.8	-71.6	-75.6	-80.7	-90.2	-85.5	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -1m	Signal to Noise Ratio	47.2	47.6	31.0	36.7	14.8	11.6	14.0	0.0	0.0
	Signal Level	-52.8	-52.4	-69.0	-63.3	-85.3	-88.4	-86.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0
-1 - -3m	Signal to Noise Ratio	44.8	43.3	30.2	30.7	30.8	29.2	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-55.2	-56.7	-69.8	-69.3	-69.2	-70.8	0.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	0.0
-3 - -5m	Signal to Noise Ratio	43.0	43.1	0.0	33.3	34.3	30.4	29.8	28.5	0.0
	Signal Level	-57.0	-56.9	0.0	-66.7	-65.7	-69.6	-70.2	-71.5	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-5 - -7m	Signal to Noise Ratio	0.0	42.0	0.0	36.7	39.0	28.3	27.5	26.6	0.0
	Signal Level	0.0	-58.0	0.0	-63.3	-61.0	-71.7	-72.5	-73.4	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0

Tabla 3.29: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Segundo Piso Rocío II

SEGUNDO PISO

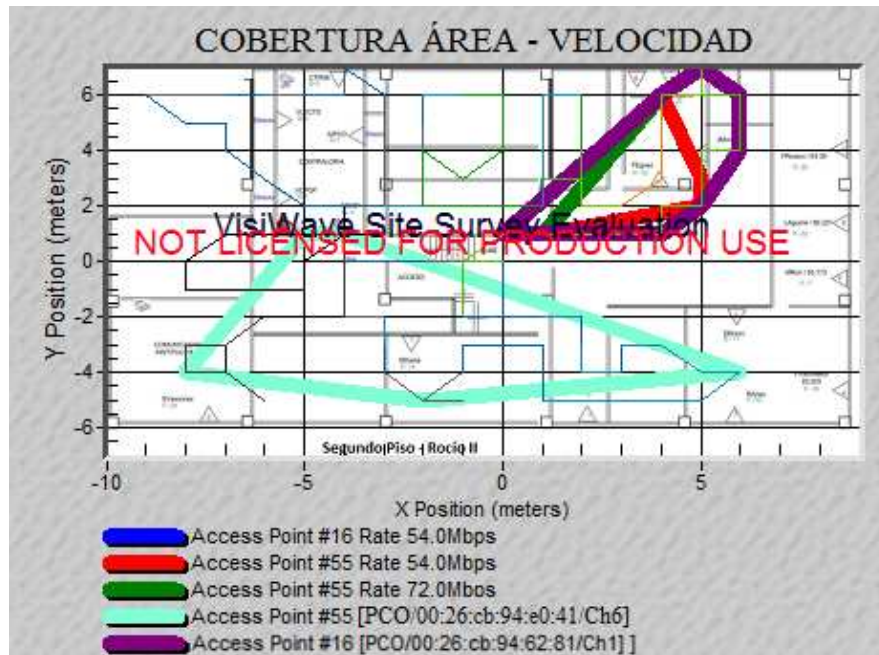


Figura 3.31: Cobertura área- velocidad – Segundo Piso Rocío II

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	50%
Mínima señal registrada	-82dBm
Máxima señal registrada	-100dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-95dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	Ninguno
Número de Puntos de Acceso requeridos	1 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP1= 00:26:cb:94:62:80 AP3= 00:26:cb:94:e0:40
Canal de funcionamiento	AP1= 1 AP3= 6
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	14

Tabla 3.30: Resultados de Site Survey – Segundo Piso Rocío II

TERCER PISO

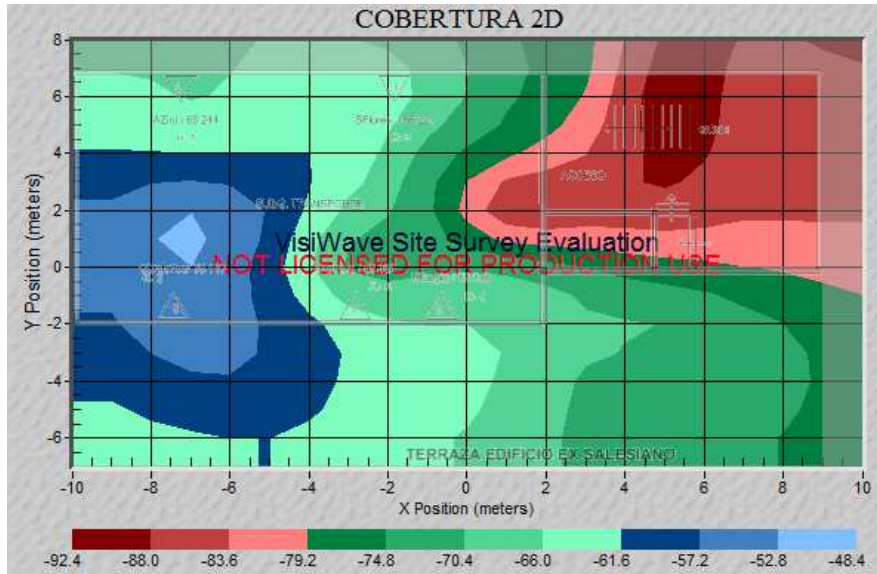


Figura 3.32: Cobertura 2D – Tercer Piso Rocío II

↓ Y	X →	-9 -	-7 -	-5 -	-3 -	-1 -	1 -	3 -	5 -	7 -
		-7m	-5m	-3m	-1m	1m	3m	5m	7m	9m
7 - 5m	Signal to Noise Ratio	35.0	34.5	34.0	34.1	25.0	27.0	9.2	13.6	0.0
	Signal Level	-65.0	-65.5	-66.0	-65.9	-75.0	-73.0	-90.8	-86.4	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
5 - 3m	Signal to Noise Ratio	33.0	33.0	0.0	33.8	23.6	22.5	3.8	16.2	0.0
	Signal Level	-67.0	-67.0	0.0	-66.2	-76.4	-77.5	-99.0	-83.8	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
3 - 1m	Signal to Noise Ratio	0.0	30.5	40.2	28.4	24.4	19.3	9.8	14.5	0.0
	Signal Level	0.0	-69.5	-59.8	-71.6	-75.6	-80.7	-90.2	-85.5	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
1 - -1m	Signal to Noise Ratio	47.2	47.6	31.0	36.7	14.8	11.6	14.0	0.0	0.0
	Signal Level	-52.8	-52.4	-69.0	-63.3	-85.3	-88.4	-86.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0
-1 - -3m	Signal to Noise Ratio	44.8	43.3	30.2	30.7	30.8	29.2	0.0	0.0	0.0
	Signal Level	-55.2	-56.7	-69.8	-69.3	-69.2	-70.8	0.0	0.0	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0	0.0	0.0
-3 - -5m	Signal to Noise Ratio	43.0	43.1	0.0	33.3	34.3	30.4	29.8	28.5	0.0
	Signal Level	-57.0	-56.9	0.0	-66.7	-65.7	-69.6	-70.2	-71.5	0.0
	Noise Level	-100.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0
-5 - -7m	Signal to Noise Ratio	0.0	42.0	0.0	36.7	39.0	28.3	27.5	26.6	0.0
	Signal Level	0.0	-58.0	0.0	-63.3	-61.0	-71.7	-72.5	-73.4	0.0
	Noise Level	0.0	-100.0	0.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	-100.0	0.0

Tabla 3.31: Niveles de señal, ruido, relación S/N – Tercer Piso Rocío II

TERCER PISO

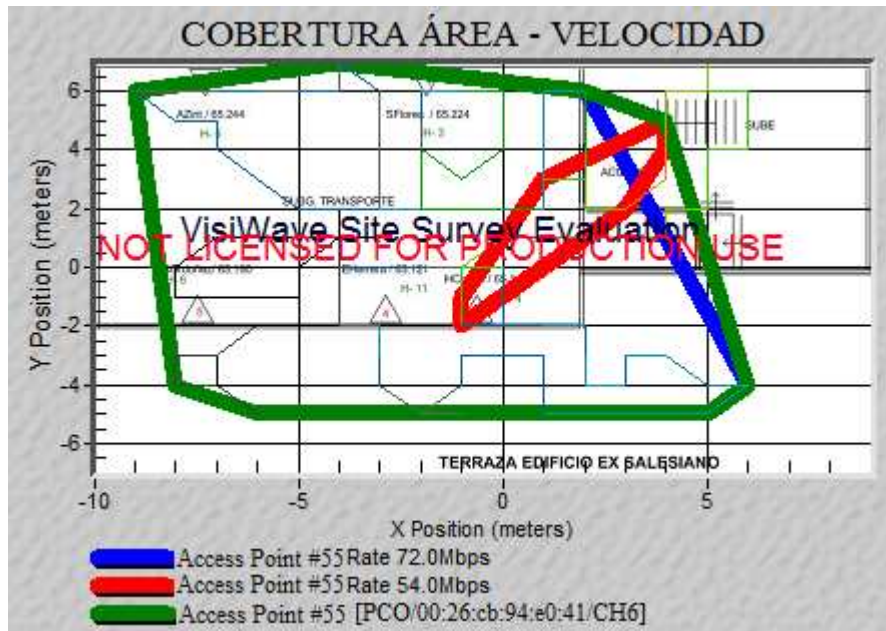


Figura 3.33: Cobertura área- velocidad – Tercer Piso Rocío II

CARACTERÍSTICAS	VALOR
Cobertura de la señal a 2,4GHz en el plano	70%
Mínima señal registrada	-48dBm
Máxima señal registrada	-92dBm
Mínima señal requerida para cobertura	-79dBm
Máximo ruido permitido	-100dBm
Mínima relación S/N requerida	15dB
Número de Puntos de Acceso existentes	1 AP
Número de Puntos de Acceso requeridos	1 AP
Velocidad de Cobertura	72 Mbps
Mínima velocidad proporcionada por el AP	54 Mbps
Puntos de Acceso Asociados para la prueba (#MAC)	AP3= 00:26:cb:94:e0:40
Canal de funcionamiento	AP3 = 1
SSID asociado	PCO
Tipo de seguridad	WPA2-PSK
Número de usuarios fijos en el piso	15

Tabla 3.32: Resultados de Site Survey – Tercer Piso Rocío II

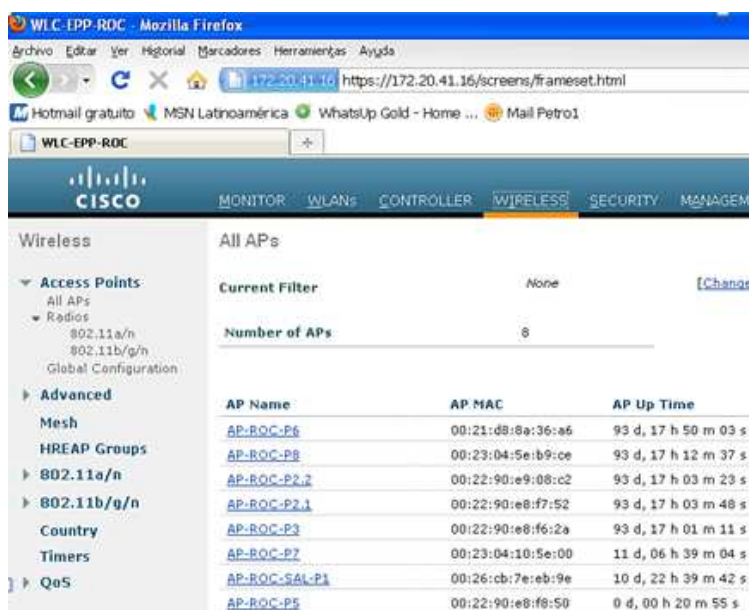
3.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.2.1 INCLUSIÓN DEL CONTROLADOR A LA RED.

Se puede verificar que la implementación del Wireless LAN Controller Cisco 5500 ha contribuido a la administración centralizada de la red inalámbrica, en la interfaz gráfica del controlador se muestra las opciones como:

- Creación y modificación de las interfaces del controlador, es decir, la interfaz de administración y las interfaces dinámicas con la asignación de nombre, puerto de trabajo, dirección IP, VLAN, máscara, Gateway y DHCP.
- Creación y modificación de las WLAN SSID a las cuales se las asigna nombre, SSID, política de radio, asignación a interfaz dinámica, tipo de seguridad y calidad de servicio.
- Además el controlador tiene otras opciones que pueden ayudar a optimizar la administración del servicio inalámbrico como registro de usuarios conectados a un Punto de Acceso, filtro MAC, estado del Punto de Acceso entre otras aplicaciones muy útiles que sirven a nivel empresarial.

En la figura 3.34 se muestra como por acceso web se ha podido ingresar a la interfaz gráfica del controlador y se ve el estado de los Puntos de Acceso.



AP Name	AP MAC	AP Up Time
AP-ROC-P6	00:21:d8:8a:36:a6	93 d, 17 h 50 m 03 s
AP-ROC-P8	00:23:04:5e:b9:ce	93 d, 17 h 12 m 37 s
AP-ROC-P2.2	00:22:90:e9:08:c2	93 d, 17 h 03 m 23 s
AP-ROC-P2.1	00:22:90:e8:f7:52	93 d, 17 h 03 m 48 s
AP-ROC-P3	00:22:90:e8:f6:2a	93 d, 17 h 01 m 11 s
AP-ROC-P7	00:23:04:10:5e:00	11 d, 06 h 39 m 04 s
AP-ROC-SAL-P1	00:26:cb:7e:eb:9e	10 d, 22 h 39 m 42 s
AP-ROC-P5	00:22:90:e8:f8:50	0 d, 00 h 20 m 55 s

Figura 3.34: Interfaz gráfica del Controlador - Estado de los Puntos de Acceso.

3.2.2 CAPACIDAD DEMANDADA

A continuación se muestra la densidad de tráfico de información en Mbps para tener una idea acerca de cuánto consume un piso del Edificio. Esto es necesario para tener presente la relación entre la tasa de transmisión real del Punto de Acceso y la Capacidad total demandada por los usuarios.

Grupo de Usuario	Capacidad c/u Mbps	Número de Usuarios	Simultaneidad ¹ %	Número de Usuarios Conectados ²	Capacidad por Grupo ³
PCO (Normal)	3 a 4	12	50	6	18 a 24
PCO-VIS (Invitado)	2 a 3	2	90	2	4 a 6
PCO-VIP (Avanzado)	4 a 5	2	50	1	4 a 5

Capacidad total por piso	26 a 35 Mbps
Tasa de transmisión real 802.11n	100 Mbps

Tabla 3.33: Capacidad Demandada por los Usuarios.

La información mostrada anteriormente es una aproximación promediada ya que los pisos del Edificio Rocío I son relativamente iguales y en su interior albergan casi el mismo número de funcionarios y la mayoría de estos trabajan con computadoras de escritorio, pero el número de usuarios que se muestran en la tabla 3.33 son los usuarios que por distintos motivos se conectan a la red inalámbrica con sus laptop u otro dispositivo.

Con la tecnología 802.11n se podría decir que se puede brindar una buena conectividad en todo el piso donde se encuentra ubicado el Punto de Acceso,

¹ La Simultaneidad es el porcentaje de usuarios que podrían estar ocupando el servicio.

² Número Usuarios Conectados= Número de usuarios * Simultaneidad

³ Capacidad por Grupo= Capacidad * Número de Usuarios Conectados

pero no es así ya que por la gran cantidad de obstáculos y sumándole que además se encuentra la escalera y el ascensor en medio del Edificio hace que la propagación de la señal se atenúe en espacios que estén alejados del Punto de Acceso.

3.2.3 COBERTURA ROCÍO I

El número de usuarios existentes por cada piso casi es el mismo, todos estos pisos tienen el mismo número de usuarios normales, visitantes y VIP, a excepción del Subsuelo y Planta Baja que tiene pocos usuarios, pero igual se les tiene que tomar en cuenta.

En el edificio El Rocío I se puede apreciar que la cobertura en la mayoría de los pisos no alcanza el 100% cuando hay 1 Punto de Acceso por piso, solo en el caso del Segundo Piso que existe 2 Puntos de Acceso hay una cobertura del 100% por lo que en un futuro se debe instalar más Puntos de Acceso para tener una cobertura total y a nivel empresarial. Por todo lo mencionado se propone incrementar el número de Puntos de Acceso, distribuidos de la siguiente manera:

Piso	Subsuelo	PB	1er	2do	3er	4to	5to	6to	7mo	8vo	9no
Número de AP	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Tabla 3.34: Propuesta de la distribución de los Puntos de Acceso – Rocío I

3.2.4 COBERTURA ROCÍO II

El número de usuarios existentes por cada piso casi es el mismo, todos estos pisos tienen el mismo número de usuarios normales, visitantes y VIP, a excepción del Primer Piso que tiene más usuarios que los demás pisos. Esto se debe a que en este piso se ha concentrado una gran cantidad de personal por el espacio disponible, pero no se dispone de puntos de red cableados.

En el edificio El Rocío II se puede apreciar que la cobertura en la mayoría de los pisos no alcanza el 100%, por lo que en un futuro se debe instalar más Puntos de Acceso para tener una cobertura total y a nivel empresarial. Por todo lo mencionado se propone incrementar el número de Puntos de Acceso, distribuidos de la siguiente manera:

Piso	PB	1er	2do	3er
Número de AP	1	2	1	1

Tabla 3.35: Propuesta de la distribución de los Puntos de Acceso - Rocío II.

3.3 COSTOS

Como se mencionó antes, la red inalámbrica ya estaba en funcionamiento, por lo tanto, los Access Points 1250 Cisco, inyectores de energía, sistema de cableado estructurado y otros elementos activos y pasivos seguirán trabajando como antes. Puesto que no se va incrementar el número de Puntos de Acceso, no será necesario comprar más elementos, lo único que se va a agregar es el controlador y algunos cables para la conexión a la red. Sin embargo se presentará más adelante un detalle de costos solo de los equipos que se han presentado en el proyecto.

3.3.1 PRECIOS DE EQUIPOS

La Plataforma Cisco Unified Wireless Network tiene tres componentes fundamentales: Puntos de Acceso con LWAPP (AP LWAPP), Cisco Wireless LAN Controller (WLC) y Cisco Wireless Control System (WCS) este último es un software para el monitoreo de la red inalámbrica que no está siendo utilizado en este proyecto.

A continuación se presentan los valores del Access Point, Antenas y Wireless LAN Controller, que son costos del mercado actual, pero puede variar según los ofertantes.

Punto de Acceso y Antena

Nro. de Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
AIR-LAP1252G-AK9	Cisco Access Point 802.11g/n IOS AP w/Avail	9	800	7.200
AIR-ANT 2430VR	Antena 2.4 GHz, 3 dBi Omni con conector 3 RP-TNC	9	181	1.629
			Total USD	8.829

Tabla 3.36: Costo de Access Point y Antena.

Wireless LAN Controller 5500

Nro. de Parte	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
AIR-WLC5508-12- K9	Cisco WLC Appliance con 8 puertos autosensing 10/100/1000T	1	7.000	7.000
			Total USD	7.000

Tabla 3.37: Costo del Wireless LAN Controller 5500 Cisco.

El controlador tiene un soporte para 12 Puntos de Acceso, esto puede variar con la compra de otra licencia que ofrezca mayor número de Access Points. El complemento de este equipo es el software WCS (Wireless Control System), no se dispone de este software para el proyecto. Pero se monitorea la red con un software llamado What's Up.

En el caso de que se quiera implementar el **Wireless Control System** para el control, administración y monitoreo de la red inalámbrica, es necesario un dispositivo servidor. El software WCS debe ser instalado en un servidor o Workstation. Las características mínimas de este servidor para soporte de 100 Puntos de Acceso (WCS-APBASE-100) se presentan a continuación:

Item	Especificación
Sistema Operativo	Windows 2003 SP1 o superior Redhat Linux AS/ES ver 4.0 o superior
Licencia	Cisco WCS Low-End Server Para soporte de 500 Puntos de Acceso Ligeros (Lightweight Access Points, AP LWAPP), 200 Puntos de Acceso Autónomos (Standalone Access Points) y 50 Wireless LAN Controllers.
Hardware	Procesador: Intel® Xeon CPU; 3.06 GHz Memoria RAM: 2 GB Disco Duro :30 GB Tarjeta Ethernet: 10/100/1000 Mbps
Dispositivos Administrados	Cisco Series 2000, 2100, 4400 , 5500 para Wireless LAN Controllers
Bases de Datos	Integrado con SQL

Tabla 3.38: Requerimientos mínimos para el servidor WCS. [9]

Dado los requerimientos mínimos del servidor se selecciona el dispositivo *Workstation Dell PRECISION 690*, que es un servidor robusto para empresas de gran tamaño.

Item	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
Servidor para Wireless Control System				
WORKSTATION DELL PRECISION 690	Procesador: Intel® Xeon Dual Core 3.0GHz Memoria RAM: 4 GB Disco Duro: 500 GB Tarjeta Ethernet: 10/100/1000 Mbps Tarjeta Inalámbrica: D-link 802.11 b/g/n Tarjeta Video: nVidia GX 6300 Media: CD/WR DVD/WR	1	3500,00	3500,00
SISTEMA OPERATIVO	Windows 2003 Server SP2	1	0,00	0,00
Subtotal				3500,00
IVA				420
Total USD				3920,00

Tabla 3.39: Características del Servidor para WCS. [9].

3.3.2 OTROS COSTOS

Es necesario poner en conocimiento el costo que representa el sistema de cableado estructurado, en el caso de que se quiera aumentar Puntos de Acceso por lo que se presenta el costo del Punto de Datos y Punto Eléctrico.

Ítems	Descripción	Precio Unitario
Puntos de Datos		
Puntos de Acceso 802.11g/n	Cable cat 6. 10/100Mbps	80,00
Appliance Wireless LAN Controller (WLC)	Cable cat 6. 10/100Mbps	80,00
Servidor Wireless Control System (WCS)	Cable cat 6. 10/100Mbps	80,00
Puntos de Energía		
Puntos de Acceso 802.11g/n	Cable SPT2 no14/: AWG 110/120V	75,00
Appliance Wireless LAN Controller (WLC)	Cable SPT2 no14/: AWG 110/120V	75,00
Servidor Wireless Control System (WCS)	Cable SPT2 no14/: AWG 110/120V	75,00

Tabla 3.40: Costos del cableado de datos y eléctrico para la red inalámbrica.

De igual manera se presenta los Servicios Adicionales que ofertan algunas empresas dedicadas a realizar este tipo de trabajos como Curso de Capacitación, Instalación y Mantenimiento de los Equipos.

Servicios Adicionales		
Curso de capacitación para manejo de switches, VPN, VLAN, Wireless 20 horas (para 4 personas)	1	1200
Servicio de Instalación y configuración y puesta en marcha con las configuraciones IP básicas que permitan la operación del equipo.	1	1200
Mantenimiento correctivo por un año, reparación o reemplazo en caso de falla, con soporte técnico de 200 horas por un año.	1	1200

Tabla 3.41: Costo de Servicios Adicionales [9]

CAPÍTULO 4

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Gracias a que la red inalámbrica ha sido diseñada bajo el estándar 802.11n que utiliza la técnica de modulación OFDM junto con MIMO se puede conseguir velocidades de conexión mayor que con otros estándares como lo son a/b/g.
- La seguridad es uno de los parámetros cruciales que se deben tener en cuenta cuando se configura una red inalámbrica, se puede decir que la implementación del estándar 802.11i es el más acertado en cuanto a seguridad empresarial, ya que este abarca el protocolo 802.1x y las mejoras 802.11i como son los protocolos TKIP y AES.
- El uso de VLANs es uno de los métodos más eficaces para dividir grupos de usuarios que pueden diferir del tipo de encriptación, calidad de servicio y para separar el tráfico en la red inalámbrica.
- La utilización del Punto de Acceso Ligero (LWAPP) demanda la implementación del controlador (WLC), pero brinda grandes beneficios y ayuda al administrador a controlar la red inalámbrica.
- El controlador debe ser incluido a la red primero y después incluir los Puntos de Acceso uno por uno para que el controlador los Integre en el menor tiempo posible, de lo contrario el área de donde se sacó el Punto de Acceso quedará desprovista del servicio por mucho tiempo hasta que se lo incorpore al lugar de trabajo.

- La interfaz virtual del controlador debe ser una dirección IP que no esté en ningún mapa de direccionamiento como por ejemplo 1.1.1.1 la cual ayuda la redirecciónamiento en la autenticación web del usuario.
- Para que el controlador se incluya a la red debe ser conectado mediante un Dispositivo de capa 3, en este caso es un Switch de Core y por medio de este se puede comunicar a los Switches de Acceso y consecuentemente a los Puntos de Acceso.
- En el Switch de Core se debe configurar los parámetros necesarios para la comunicación con el controlador, es decir las interfaces de administración y dinámicas que existan en el controlador deben existir en el Switch de Core, con el direccionamiento correcto en los dos dispositivos. También se debe configurar los enlaces troncales.
- Se han creado tres tipos de WLAN SSID que utilizan el mecanismo WPA2-PSK con la diferencia que la WLAN-SSID: pco-vip utiliza además el mecanismo MAC FILTERING porque esta WLAN brinda un acceso libre hacia la web u otros sitios restringidos por la administración de la red.
- El enlace entre el controlador y el Switch de Core debe ser troncal y el enlace entre el Switch de Acceso y el Punto de Acceso debe ser modo acceso y todos estos puertos deben estar asignados a la VLAN de administración 121.
- El controlador verifica y asigna el canal de funcionamiento del Punto de Acceso y en el caso de que haya dos Puntos de Acceso cercanos asigna un canal diferente para cada uno, cumpliendo con los posibles canales que se pueden asignar sin que exista solapamiento en las bandas de 2.4GHZ y 5GHZ.
- La señal transmitida por un Punto de Acceso varía si se toma en cuenta la atenuación con respecto a la distancia y a los obstáculos que existen en el camino, por tal motivo se ve como decrece la potencia de la señal, es por

eso que se debe ubicar un Punto de Acceso en una parte estratégica y céntrica para los usuarios.

- El ruido externo introducido a un medio de transmisión y el ruido interno producido por el calentamiento de los componentes electrónicos tanto del transmisor como del receptor de Wi-Fi, afectan la potencia de la señal, en ocasiones el ruido es tan insignificante que la señal se recupera sin ningún problema, pero otras veces la señal se atenúa tanto que el receptor no puede decodificarla, ocasionando una pérdida total de la información.
- La cobertura por piso en el edificio depende fundamentalmente de la distancia y ubicación del usuario causando que en algunas partes del espacio de trabajo haya buena conectividad y en otras no, es por eso que en los resultados obtenidos se ha logrado obtener mediciones de velocidad de hasta 72 Mbps en el mejor de los casos.
- La capacidad demandada por piso en el edificio depende del número de usuarios conectados y teniendo en cuenta que existe un solo Punto de Acceso por piso en el mejor de los casos y que este cubre la mitad del espacio de trabajo es necesario instalar dos o más Puntos de Acceso en los pisos con mayor cantidad de usuarios.
- El roaming en el edificio existe en algunas partes como por ejemplo en el segundo piso, pero con el incremento de nuevos Puntos de Acceso se podrá tener un roaming en todos los pisos y así no perder la señal mientras un usuario se moviliza dentro de las instalaciones.
- El software Visiwave Site Survey es una herramienta fácil de usar y de gran ayuda al momento de generar los reportes con las muestras obtenidas, gracias a este software se ha podido realizar los análisis respectivos de la señal Wi-Fi

- El controlador dispone de una licencia para operar 12 Puntos de Acceso lo cual limita la escalabilidad y esto puede influir en no incrementar el número de Puntos de Acceso.
- El WCS es el complemento de una red inalámbrica ya que gracias a este software se tendrá más discernimiento de la información y se podrá monitorear más eficazmente la red en el caso de que incremente el número de dispositivos y usuarios.
- El estándar 802.11n debe ser aprovechado en su totalidad y así conseguir mejores velocidades de conexión en los Edificios, este problema surge en el estándar que tiene el dispositivo inalámbrico porque si este tiene un Tx/Rx con el estándar 802.11b/g limita la velocidad de transmisión en el caso de que se disponga de un Punto de Acceso con el estándar 802.11n.
- El Access Point Cisco Aironet 1250 es uno de los dispositivos más completos en el mercado, ya que este puede trabajar en la banda de 2,4GHz y 5GHz, utiliza diversidad espacial, se adapta a los estándares IEEE 802.11 a/g/n y por último, puede operar en modo autónomo o en modo ligero.
- La implementación de la administración centralizada de la red inalámbrica ha sido beneficiosa tanto para los usuarios como para los administradores de la red, tomando en cuenta que a nivel empresarial una red inalámbrica debe estar a la vanguardia ya que cada día un usuario necesita más movilidad y confianza en la red al momento de laborar, además con la entrada vertiginosa de la tecnología inalámbrica está dejando de lado a los cables y a la necesidad de estar conectado en un solo lugar estático para tener acceso a la red y no solo hablando de computadores portátiles sino del uso de teléfonos inteligentes, teléfonos IP-inalámbricos, cámaras, entre otros; por todo esto es de suma importancia ampliar la cobertura y capacidad inalámbrica en los edificios Rocío I y II de Petroecuador. Se puede decir que la implementación del controlador de Puntos de Acceso es

el primer paso para mejorar la red inalámbrica, pero se debe completar y complementar la red para tener un servicio de primera.

4.2 RECOMENDACIONES

- Migrar de una seguridad personal WPA2-PSK a una seguridad empresarial que trabaje con el estándar 802.1i, esto implica implementar un Servidor RADIUS y así tener un mecanismo de autenticación basado en el protocolo 802.1x/EAP.
- Usar varios WLAN SSID para dividir el tráfico y tener controlados los grupos de usuarios y el tipo de servicio. Esto será de gran ayuda al momento de administrar y solucionar algún problema con los usuarios.
- Llevar a cabo un plan o política de seguridad para mantener una red inalámbrica funcional, cumpliendo con los procedimientos y capacitaciones necesarias para que no solo el administrador de la red se encargue de la seguridad sino también el usuario sea responsable al momento de utilizar el servicio inalámbrico.
- Asignar un conjunto de VLANs para redes WLAN y un conjunto diferente de las VLANs para interfaces de gestión para garantizar que el tráfico de VLAN funcione correctamente.
- Primero incorporar a la red el controlador y después integrar uno a uno los Puntos de Acceso Ligeros para no dejar grandes espacios desproveídos del servicio inalámbrico. Y si es posible hacer este trabajo en horas o días donde no se afecte a los usuarios o a la red.
- Configurar bien los parámetros iniciales del controlador, los más importantes son la interfaz de gestión, la interfaz virtual, nombre de usuario y contraseña, además se debe crear un documento o memoria técnica donde se tenga estos datos guardados en un sitio seguro.

- Crear una interfaz de administración diferente a la por defecto para mayor seguridad, al igual que crear interfaces dinámicas para cada grupo de usuarios.
- Diferenciar los WLAN SSID, es decir poner un grado de seguridad y calidad a cada uno de estos segmentos esto se logrará con la implementación de un mecanismo más fuerte de seguridad.
- Ubicar la antena omnidireccional del Punto de Acceso horizontalmente para tener mayor propagación de la señal y que esté por fuera del cielo falso o tumbado.
- Realizar un Site Survey antes de ubicar un Punto de Acceso para ver su eficiencia tomando en cuenta los lugares más importantes donde se quiera hacer llegar la señal.
- Aumentar el número de Puntos de Acceso para lograr brindar un mejor servicio, claro está que en estos momentos no se tiene muchos usuarios inalámbricos en el edificio, pero se tiene que pensar en el futuro y en el nuevo avance de la tecnología el cual demanda mayor cobertura y mayor capacidad por usuario.
- En el caso de que se aumente los Puntos de Acceso, hacer que tengan un solapamiento del 15% para obtener un roaming entre celdas eficiente y adecuado.
- Comprar una nueva licencia para el controlador, mínimo BASE-50, para que el controlador soporte por lo menos 50 Access Points.
- Cuando se implemente la seguridad con el protocolo 802.1x y se incremente los Puntos de Acceso también se deberá implementar el WCS para tener un software de monitoreo independiente para la red inalámbrica.
- Adquirir más laptops con tecnología 802.11n porque se debe estar a la vanguardia de la tecnología y las máquinas que se asignan a los usuarios

trabajan con el estándar 802.11g, por lo tanto, no aprovechan la velocidad que ofrece el estándar 802.11n.

- Instalar los Puntos de Acceso con una estructura metálica para garantizar su integridad y protegerlos de vandalismo, además para asegurar su posición física de una manera adecuada y funcional.
- Hacer un plan de contingencias que contenga procedimientos necesarios para solucionar los posibles fallos. Además planificar el mantenimiento preventivo de los equipos de la red inalámbrica para evitar daños mayores y minimizar la necesidad de mantenimientos correctivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] I. J. INSUASTI PROAÑO, "Diseño e implementación de dos soluciones para una red inalámbrica", Quito, 2004.
- [2] F. AGUADO AGELET, "WIMAX 802.16", España, 2007..
- [3] L. F. VALLE ISLAS, «"Coexistencia de Redes WLAN & WPAN",»
Available:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/valle_i_lf/portada.html. [Último acceso: 1 7 2012].
- [4] F. F. CHARRO SIMBAÑA y P. D. R. ERAZO ARIAS, «"Estudio y diseño de una red LAN híbrida utilizando las tecnologías WiMax y WiFi, para brindar servicio de video sobre IP e Internet de banda ancha incluyendo transmisión de voz y datos,» EPN, Quito, 2006.
- [5] GAST MATTHEW S, "Wireless Networks The Definitive Guide", United States of America: Second Edition, O'Reilly Media, Inc, 2005..
- [6] GAST MATTHEW S, "Redes Wireless 802.11", España: 1ra Edición Español ANAYA MULTIMEDIA S.A, 2006.
- [7] O. PAU, IEEE 802.11n Next Generation WiFi, España: 3er Seminario Mataró, 2005.
- [8] C. N. Chávez, «Evaluación de la Tecnología IEEE 802.11n con la plataforma OPNET,»
Available:
<http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/7834/1/memoria.pdf>.
[Último acceso: 1 7 2012].

- [9] E. Bolaños, «DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA DE ÁREA LOCAL PARA LOS EDIFICIOS LA TRIBUNA Y VILLAFUERTE DE PETROPRODUCCIÓN BAJO EL ESTÁNDAR IEEE 802.11g Y SU INTERCONECTIVIDAD,» 2008.

[En línea]. Available:

<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/767/1/CD-1711%282008-10-07-01-30-57%29.pdf..> [Último acceso: 1 8 2012].

- [10] C. GARCÍA, Propuesta de arquitectura de QoS en entorno inalámbrico 802.11e basado en Diffserv con ajuste dinámico de parámetros, España: Departamento Ingeniería Telemática, Universidad Carlos III de Madrid, 2006.

- [11] «Colección de redes - FUNDAMENTALS OF WIRELESS LAN.doc,» BOOKS ADAMUT.

- [12] D. G. Páez, «Redes Inalámbricas de Area local,» ESPE, Quito, 2005.

- [13] «LA CUEVA WI-FI,»

[En línea]. Available:

<http://www.lacuevawifi.com/CompraWifi/2011/08/22/cifrados-wpa-y-wpa2-%C2%BFalgoritmo-tkip-o-aes/>. [Último acceso: 1 9 2012].

- [14] «riminet,»

[En línea]. Available:

http://www.riminet.net/soporte_inalambricos.htm. [Último acceso: 15 8 2012].

- [15] ESPOL, «Seguridad en redes inalámbricas,»

[En línea]. Available:

<http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&c>

d=1&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F5613%2F1%2FSeguridad%2520en%2520Redes%2520Inal%25C3%25A1mbricas.doc&ei=qBNfUZC

[16] <http://www.coit.es>, «La situación de las Tecnologías WLAN basadas en el estándar IEEE 802.11 y sus variantes WIFI,» Madrid, 2004.

[17] C. SYSTEM, «Guía de Instalación AIRONET 1250,»

[En línea]. Available:

http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/access_point/1250/installation/guide/125h_c1.html#wp1055162. [Último acceso: 1 agosto 2012].

[18] C. SYSTEM, «Wireless LAN Controller,»

[En línea]. Available:

<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/controller/6.0/configuration/guide/c60ovrv.html>. [Último acceso: 1 6 2012].

[19] S. M. C. Umbral Científico, «ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE SEÑAL EN UNA RED WIFI CON LA HERRAMIENTA NETSTUMBLER,» Bogotá-Colombia, 2005.

[20] C. SYSTEM, «Antena omnidireccional.,»

[En línea]. Available:

<http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/antenna/installation/guide/ant2430v.html#wp35351>. [Último acceso: 2012].

[21] ATHEROS, «Tarjeta de red AR9285,»

[En línea]. Available:

http://www.qca.qualcomm.com/media/product/product_79_file1.pdf. [Último acceso: 2012].

- [22] Universidad Particular de Loja, «Designación de canales y legalización de frecuencias para Wi-fi,»
- [En línea]. Available:
<http://blogs.utpl.edu.ec/radiocomunicaciones/2009/05/06/introduccion-a-los-sistemas-wireless/>. [Último acceso: 2012].
- [23] I. J. M. C. Hurtado, «Actualización AP autónomo a lightweighth,»
- [En línea]. Available:
<http://es.scribd.com/doc/94308786/Actualizacion-AP-Autonomo-a-Lightweight-Par-CLI>. [Último acceso: 2012].
- [24] Wikipedia, «SNMP,»
- [En línea]. Available:
http://es.wikipedia.org/wiki/Simple_Network_Management_Protocol. [Último acceso: 2012].
- [25] Wikipedia, «Agregación de Enlace,»
- [En línea]. Available:
http://es.wikipedia.org/wiki/Agregaci%C3%B3n_de_enlaces.
- [26] C. SYSTEM, «Data sheet - Aironet 1250 Access Point,»
- [En línea]. Available:
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps5678/ps6973/ps8382/product_data_sheet0900aecd806b7c5c.html.
- [27] C. SYSTEM, «Data Sheet - WLC 5500,»
- [En línea]. Available:
http://www.cisco.com/en/US/prod/collateral/wireless/ps6302/ps8322/ps10315/data_sheet_c78-521631.html.

ANEXOS

ANEXO 1

**TOMA DEL PROCESO DE EJECUCIÓN DEL
COMANDO, UNA VEZ INICIADO EL PROCESO DE
TRANSFERENCIA DEL ARCHIVO IOS.**

IMAGEN DE LA DESCARGA DEL ARCHIVO IOS LIGHTWEIGHT.

```

AP1#archive download-sw /overwrite /reload tftp://192.168.2.254/c1250-rcvk9w8-tar.124-
21a.JA2.tar
examining image...
Loading c1250-rcvk9w8-tar.124-21a.JA2.tar from 192.168.2.240 (via BVI1): !
extracting info (273 bytes)
Image info:
    Version Suffix: rcvk9w8-
Image Name: c1250-rcvk9w8-mx
Version Directory: c1250-rcvk9w8-mx
ios Image Size: 2990592
Total Image Size: 2990592
Image Feature: WIRELESS LAN|LWAPP|RECOVERY
Image Family: C1250
Wireless Switch Management Version: 3.0.51.0
Extracting files...
c1250-rcvk9w8-mx/ (directory) 0 (bytes)
extracting c1250-rcvk9w8-mx/c1250-rcvk9w8-mx (2987997 bytes)!!!!!!!!!!!!!!
extracting c1250-rcvk9w8-mx/info (273 bytes)
extracting info.ver (273 bytes)
[OK - 3000320 bytes]
Deleting current version: flash:/c1250-k9w7-mx.124-25d.JA...

```

Se procede entonces con el reload del dispositivo de manera que haga la carga de la nueva imagen instalada:

```

IOS Bootloader - Starting system.
Xmodem file system is available.
flashfs[0]: 14 files, 3 directories
flashfs[0]: 0 orphaned files, 0 orphaned directories
flashfs[0]: Total bytes: 31868928
flashfs[0]: Bytes used: 8174080
flashfs[0]: Bytes available: 23694848
flashfs[0]: flashfsfsck took 17 seconds.
Reading cookie from flash parameter block...done.
Base Ethernet MAC address: 54:75:d0:a9:f2:f8
Loading "flash:/c1250-rcvk9w8-mx/c1250-rcvk9w8-mx"...
#####
#####
File "flash:/c1250-rcvk9w8-mx/c1250-rcvk9w8-mx" uncompressed and installed, entry point:
0x3000
executing...

```


ANEXO 2

CONFIGURACIÓN INICIAL DETALLADA DEL CONTROLADOR.

CONFIGURACIÓN INICIAL DEL CONTROLADOR MEDIANTE GUI.

- 1.-Conectar la PC al puerto de servicio y configurarlo para que utilice la misma subred que el controlador (por ejemplo, 192.168.1.2).
- 2.-Iniciar Internet Explorer 6.0 SP1 (o superior) o Firefox 2.0.0.11 (o posterior) en la PC e ir a <http://192.168.1.1>

Asistente de configuración - Pantalla Sistema de Información



The screenshot shows the Cisco Configuration Wizard interface. At the top left is the Cisco logo. Below it, the text 'Configuration Wizard' and 'System Information' are visible. The form contains the following fields:

- System Name:** An empty text input field.
- Administrative User:** A section containing three sub-fields:
 - User Name (e.g. admin):** A text input field containing the text 'admin'.
 - Password:** A password input field with six asterisks (*****).
 - Confirm Password:** A password input field with six asterisks (*****).

3.- En el cuadro de texto Nombre, se escribe el nombre que se desea asignar a este controlador. Puede introducir hasta 31 caracteres ASCII.

4.- En el cuadro de texto Nombre de usuario, introducir el nombre de usuario administrador que se asignará a este controlador. Puede introducir hasta 24 caracteres ASCII. El nombre de usuario por defecto es *admin*.

En Contraseña y Confirmar contraseña, se escribe la contraseña de administrador que se asignará a este controlador. Puede introducir hasta 24 caracteres ASCII. La contraseña por defecto es *admin*.

Pantalla de Resumen de SNMP.

Asistente de configuración - Pantalla de resumen de SNMP



5.- Si desea habilitar Simple Network Management Protocol (SNMP)¹ v1, v2c o v3, seleccionar **Activar**. De lo contrario, se deja este parámetro ajustado en **Desactivar**.

- Se ha habilitado SNMP v2c Mode y SNMP v3 Mode.

Interfaz de servicio

Asistente de Configuración - Interfaz de servicio



¹SNMP gestiona los nodos (servidores, estaciones de trabajo, routers, switches, etc) de una red IP. En la actualidad, hay tres versiones de SNMP: SNMPv1, SNMPv2c, y SNMPv3.

Si desea que el controlador obtenga una dirección IP para la interfaz de servicio por medio de un servidor DHCP, se selecciona el **Protocolo DHCP habilitado**. Si no desea utilizar el puerto de servicio o si desea asignar una dirección IP estática al puerto de servicio, dejar la casilla de verificación sin seleccionar.

La dirección IP de la interfaz puerto de servicio debe estar en una subred diferente de la interfaz de gestión. Esta configuración le permite administrar el controlador directamente o a través de una red de gestión dedicada a garantizar el acceso de servicio durante el tiempo de inactividad de la red.

- El puerto de servicio no se va utilizar en este proyecto, por lo que se va a dejar sin dirección IP, al igual que la máscara.

La pantalla de configuración de LAG.

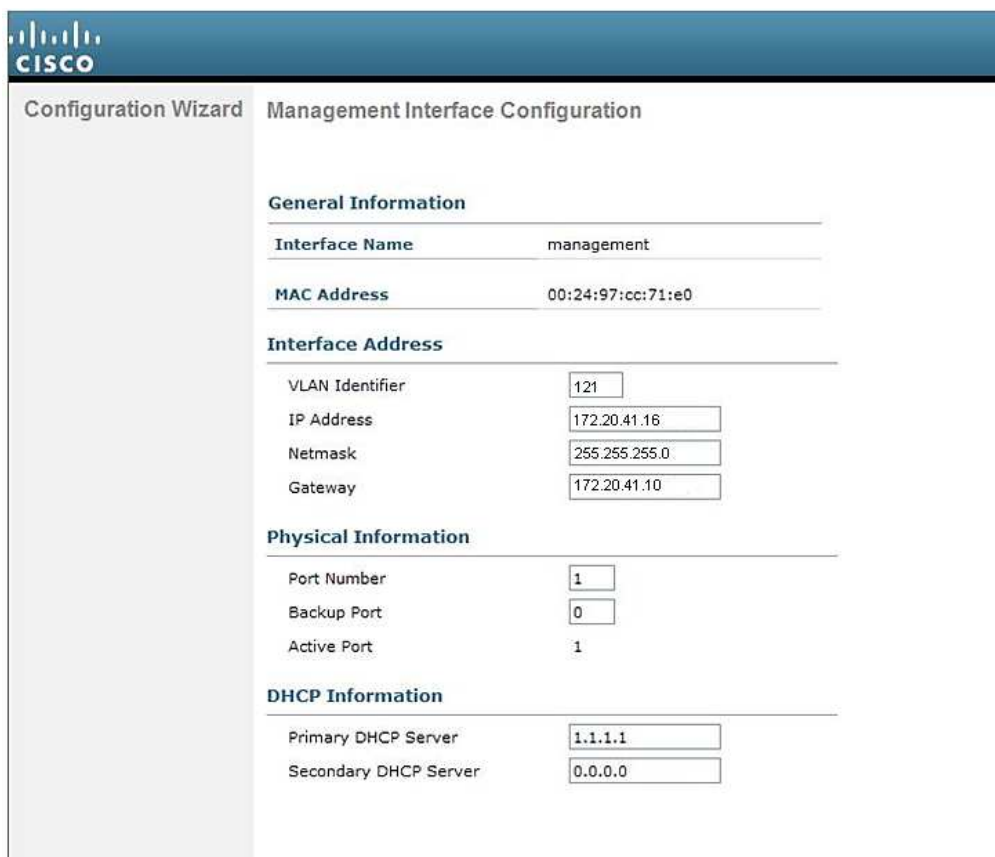
Asistente de configuración - Pantalla de configuración de LAG



6.- Para habilitar la agregación de enlaces (LAG), seleccione **Enable** de la agregación de enlaces (LAG). Para desactivar el LAG, deje este cuadro de texto ajustado a **Disabled**

La interfaz de administración.

Asistente de Configuración - Interfaz de Gestión



Configuration Wizard Management Interface Configuration

General Information

Interface Name: management

MAC Address: 00:24:97:cc:71:e0

Interface Address

VLAN Identifier: 121

IP Address: 172.20.41.16

Netmask: 255.255.255.0

Gateway: 172.20.41.10

Physical Information

Port Number: 1

Backup Port: 0

Active Port: 1

DHCP Information

Primary DHCP Server: 1.1.1.1

Secondary DHCP Server: 0.0.0.0

La interfaz de administración es la interfaz por defecto para la gestión dentro de la banda del controlador y la encargada para la comunicación a los servicios empresariales.

7.- En el cuadro de texto Identificador VLAN, escriba el identificador de VLAN de la interfaz de administración (ya sea un identificador válido de VLAN o **0** para una VLAN sin etiqueta).

En el cuadro de texto se escribe Dirección IP, Máscara de red, puerta de enlace predeterminada de la interfaz de gestión.

- Para esta interfaz se han asignado las direcciones IP e identificador de VLAN de acuerdo a un estudio de la disposición de direcciones, el cual se ha diseñado correctamente para la red inalámbrica de la institución.

- Como se puede ver en la figura anterior, la interfaz de administración está en la red 172.20.41.0/24, además se ha convenido en poner la décima dirección útil en los Gateways de las interfaces.

8.- En el **Número de puerto**, se escribe el número de puerto asignado a la interfaz de gestión. Cada interfaz está asignada a al menos un puerto primario.

En Puerto de copia de seguridad (**Backupport**), se escribe el número del puerto de copia de seguridad asignada a la interfaz de gestión. Si el puerto principal de la interfaz de administración falla, la interfaz se mueve automáticamente al puerto de copia de seguridad.

- No habrá puerto Backup en el proyecto por lo que se deja en 0.

9.- En el **Primary DHCP Server**, se escribe la dirección IP del servidor DHCP por defecto que suministrará las direcciones IP a los clientes, a la interfaz de gestión y opcionalmente a la interfaz de puerto de servicio.

En el **Secondary DHCP Server**, se escribe la dirección IP de un servidor DHCP secundario opcional.

La pantalla de la interfaz AP-Administrador.

Esta pantalla no aparece para los controladores de la serie Cisco 5500, ya que no son necesarios para configurar una interfaz AP-manager. La interfaz de administración actúa como una interfaz AP-manager por defecto.

La pantalla de configuración Varios

Asistente de configuración - Pantalla de configuración Varios

Configuration Wizard Miscellaneous Configuration

RF Mobility Domain Name

Configured Country Code(s) US

Regulatory Domain 802.11a: -A
802.11bg: -A

Select	Country Code	Name
<input type="checkbox"/>	AE	United Arab Emirates
<input type="checkbox"/>	AR	Argentina
<input type="checkbox"/>	AT	Austria
<input type="checkbox"/>	AU	Australia
<input type="checkbox"/>	BH	Bahrain
<input type="checkbox"/>	BR	Brazil
<input type="checkbox"/>	BE	Belgium
<input type="checkbox"/>	BG	Bulgaria
<input type="checkbox"/>	CA	Canada
<input type="checkbox"/>	CA2	Canada (DCA excludes UNII-2)
<input type="checkbox"/>	CH	Switzerland
<input type="checkbox"/>	CL	Chile
<input type="checkbox"/>	CN	China
<input type="checkbox"/>	CO	Colombia
<input type="checkbox"/>	CR	Costa Rica
<input type="checkbox"/>	CY	Cyprus

10.- En el cuadro de texto Movilidad RF de nombres de dominio, escriba el nombre del grupo de movilidad / RF grupo al que desea que el controlador pertenezca.

11.- El código de país configurado muestra el código del país en el cual el controlador es utilizado. Para cambiar el país de operación, seleccionar la casilla de verificación del país deseado.

Interfaz virtual

Asistente de configuración - Configuración de la interfaz virtual

Configuration Wizard Virtual Interface Configuration

General Information

Interface Name

Interface Address

IP Address

DNS Host Name

12.- En el cuadro de texto Dirección IP, se escribe la dirección IP de la interfaz virtual del controlador. Debe introducir una dirección ficticia, asignar IP como 1.1.1.1

En el cuadro de texto Nombre de host DNS, se escribe el nombre Sistema de nombres de dominio (DNS) de la puerta de enlace para verificar el origen de los certificados al nivel 3 autorización web.

Para garantizar la conectividad y autenticación web, el servidor DNS siempre debe apuntar a la interfaz virtual. Si un nombre de host DNS está configurado para la interfaz virtual, el mismo nombre de host DNS debe estar configurado en los servidores DNS utilizados por el cliente.

- No se ha puesto ningún nombre en el DNS por lo que solo se trabajará con la dirección virtual especificada anteriormente.

La pantalla de configuración WLAN

Asistente de configuración - Pantalla de configuración WLAN



Cisco	
Configuration Wizard	
WLAN Configuration	
WLAN ID	1
Profile Name	<input type="text"/>
WLAN SSID	<input type="text"/>

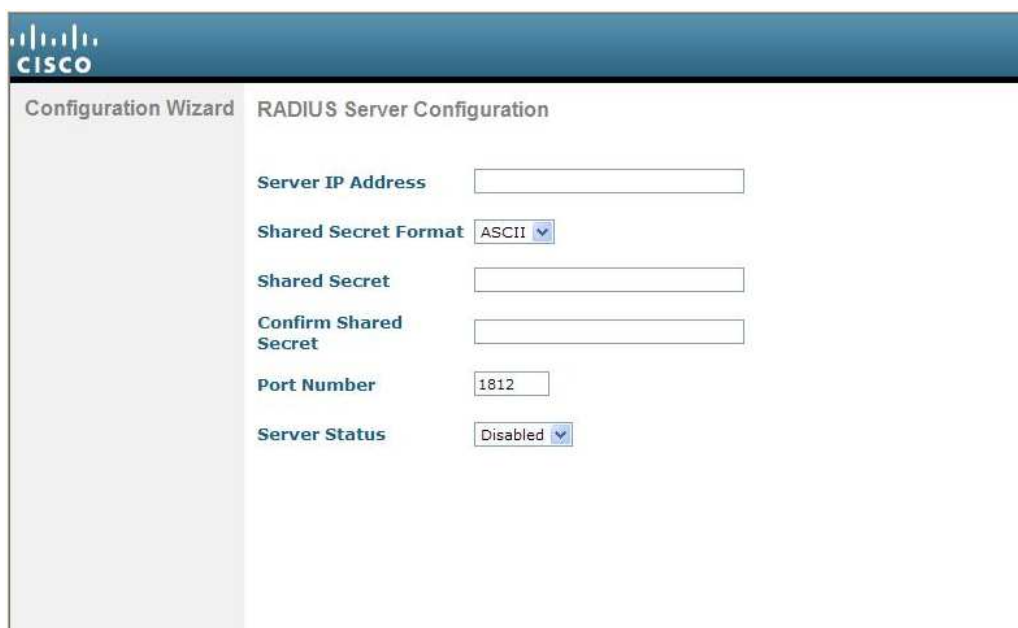
13.- En el cuadro de texto Nombre del perfil, se puede escribir un máximo de 32 caracteres alfanuméricos para el nombre del perfil que se asignará a esta WLAN. En WLAN SSID, se puede introducir hasta 32 caracteres alfanuméricos para el nombre de la red o identificador de grupo de servicios (SSID).

El SSID permite la funcionalidad básica del controlador y permite que los puntos de acceso que se han unido al controlador activen sus radios.

- Se ha creado una WLAN llamada “pco” esto para que los puntos de acceso activen sus radios.

Servidor RADIUS

Asistente de configuración - Servidor RADIUS pantalla de configuración



The screenshot shows the Cisco Configuration Wizard interface for RADIUS Server Configuration. The title bar includes the Cisco logo and the text 'Configuration Wizard RADIUS Server Configuration'. The main area contains several configuration fields:

- Server IP Address:** An empty text input field.
- Shared Secret Format:** A dropdown menu currently set to 'ASCII'.
- Shared Secret:** An empty text input field.
- Confirm Shared Secret:** An empty text input field.
- Port Number:** A text input field containing the value '1812'.
- Server Status:** A dropdown menu currently set to 'Disabled'.

14.- En el cuadro de texto Dirección IP del servidor, se escribe la dirección IP del servidor RADIUS.

En el cuadro Shared Secret Format, se selecciona **ASCII** o **Hex** para especificar el formato de la clave secreta compartida.

En el cuadro Shared Secret y Confirmar Shared Secret, se introduce la clave secreta utilizada por el servidor RADIUS.

En el Número de puerto, se escribe el puerto de comunicación del servidor RADIUS. El valor predeterminado es 1812.

Para habilitar el servidor RADIUS, se selecciona **Enabled**.

- En este proyecto no se dispone de un servidor RADIUS por lo que en el ámbito de la seguridad inalámbrica se utilizará otro método de seguridad que veremos más adelante.

Configuración de 802.11

Asistente de configuración - 802.11 Pantalla de configuración



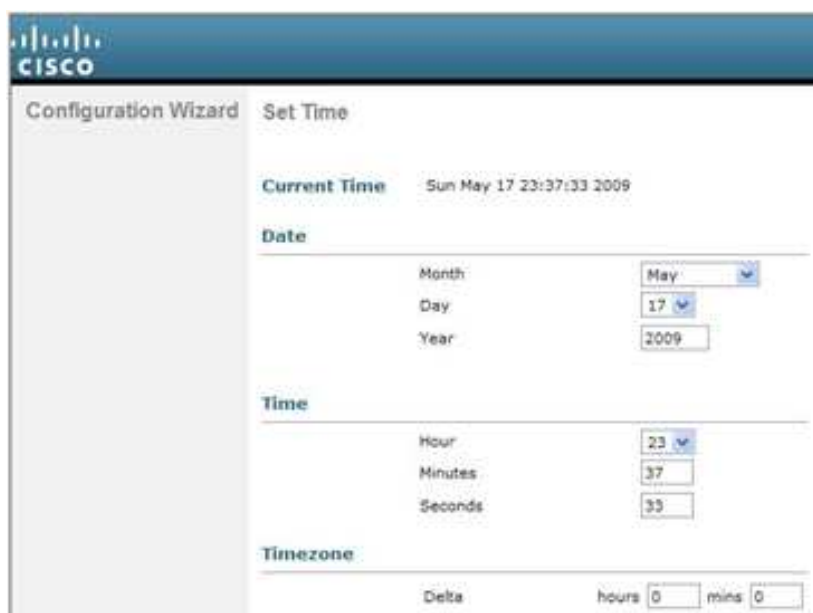
Configuration Wizard	802.11 Configuration
	802.11a Network Status <input checked="" type="checkbox"/> Enabled
	802.11b Network Status <input checked="" type="checkbox"/> Enabled
	802.11g Network Status <input checked="" type="checkbox"/> Enabled
	Auto RF <input checked="" type="checkbox"/> Enabled

15.- Para habilitar el 802.11a, 802.11b, 802.11g seleccione Enabled.

Se puede habilitar la administración de recursos de radio del controlador (RRM) auto-RF. La característica de auto-RF permite que el controlador automáticamente forme un grupo RF con otros controladores. El grupo elige a un líder dinámico para optimizar los ajustes de parámetros RRM, como canal de transmisión y sesión de energía.

Ajuste de hora

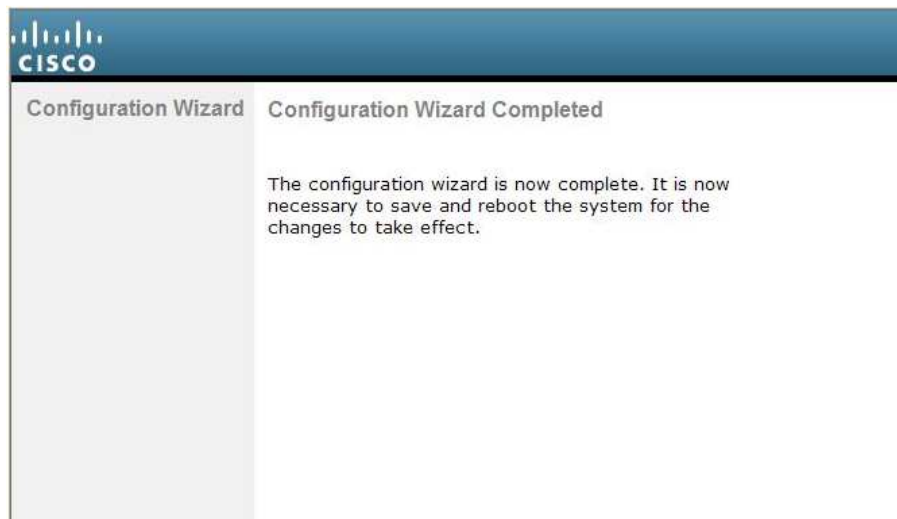
Asistente de configuración - Pantalla Set Time



Configuration Wizard	Set Time
	Current Time Sun May 17 23:37:33 2009
	Date
	Month: May
	Day: 17
	Year: 2009
	Time
	Hour: 23
	Minutes: 37
	Seconds: 33
	Timezone
	Delta: hours 0 mins 0

Para configurar manualmente la hora del sistema en el controlador, introduzca la fecha actual en Mes / DD / AAAA y la hora actual en formato HH: MM: SS

Asistente de configuración - Asistente para la configuración de la pantalla Completado



16.- Haga clic en **Guardar y reiniciar** para guardar la configuración y reiniciar el controlador. El controlador guarda la configuración, reinicia y le pide iniciar sesión.

ANEXO 3

**CONFIGURACIÓN EN EL SWITCH DE CORE Y
SWITCH DE ACCESO.**

CONFIGURACIÓN EN EL SWITCH DE CORE MEDIANTE CLI.

```
SwitchC3(config)#vlan 121
SwitchC3(config-vlan)#name management
SwitchC3(config-vlan)#exit
SwitchC3(config)#interface vlan 121
SwitchC3(config-if)#ip address 172.20.41.10 255.255.255.0
SwitchC3(config-if)#exit
```

```
SwitchC3(config)#vlan 119
SwitchC3(config-vlan)#name pco
SwitchC3(config-vlan)#exit
SwitchC3(config)#interface vlan 119
SwitchC3(config-if)#ip address 172.20.73.10 255.255.255.0
SwitchC3(config-if)#exit
```

```
SwitchC3(config)#vlan 122
SwitchC3(config-vlan)#name pco-vip
SwitchC3(config-vlan)#exit
SwitchC3(config)#interface vlan 122
SwitchC3(config-if)#ip address 172.20.72.10 255.255.255.128
SwitchC3(config-if)#exit
```

```
SwitchC3(config)#vlan 123
SwitchC3(config-vlan)#name pco-vis
SwitchC3(config-vlan)#exit
SwitchC3(config)#interface vlan 123
SwitchC3(config-if)#ip address 172.20.72.139 255.255.255.128
SwitchC3(config-if)#exit
```

```
SwitchC3(config)#interface gigabitEthernet 1/1
SwitchC3(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
SwitchC3(config-if)# switchport mode trunk
SwitchC3(config-if)#no shutdown
```

```
SwitchC3#copy running-config startup-config
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
```

CONFIGURACIÓN DEL SWITCH DE ACCESO

```
SwitchAcceso(config)#interface fastEthernet 0/1
SwitchAcceso(config-if)#switchport mode access
SwitchAcceso(config-if)#switchport access vlan 121
SwitchAcceso(config-if)#no shutdown
```

ANEXO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS (*DATA SHEET*)

DATA SHEET- CISCO AIRONET 1250 SERIES ACCESS POINT

Artículo	Especificación																																							
Números de pieza	<p>Plataforma punto de acceso con módulos de radio pre-instalado:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AIR AP1252AG-x-K9 802.11a/g/n 2.4/5-GHz Standalone AP; 6 RP-TNC • AIR AP1252G-x-K9 802.11g / n de 2,4 GHz Standalone AP; 3 RP-TNC • AIR LAP1252AG-x-K9 802.11a/g/n 2.4/5-GHz Unificado de AP; 6 RP-TNC • AIR LAP1252G-x-K9 802.11g / n de 2,4 GHz Unificado de AP; 3 RP-TNC <p>Los componentes individuales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • AIR-AP1250 = Standalone Plataforma AP (sin módulos de radio); repuesto • AIR LAP1250 = AP Plataforma Unificada (sin módulos de radio); repuesto • AIR RM1252A-x-K9 = 802.11a / n 5-GHz Radio Module; 3 RP-TNC • AIR RM1252G-x-K9 = 802.11 g / n de 2,4 GHz Radio Module, 3 RP-TNC • AIR AP1250MNTGKIT = 1250 Series Ceiling, Wall Mount Bracket kit de repuesto <p>Eco-pack:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aire LAP1252-x-K9-5 Eco-pack 802.11a/g/n 2,4 / 5 GHz Unificado AP-5 Cantidad (A, E, N Reg dominios solamente) • AIR-AP1252-N-K9-5 Eco-pack 802.11a/g/n 2,4 / 5 GHz Standalone AP-5 Cantidad (N Reg dominio solamente) 																																							
Software	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco IOS[®] Software Release 12.4 (21 bis) JA o posterior (modo autónomo) • Cisco IOS Software Release 12.4 (10b) JDD o posterior (modo unificado) • Cisco Unified Wireless Network Software versión 7.0 o posterior. 																																							
Capacidades 802.11n	<ul style="list-style-type: none"> • 2x3 MIMO con dos flujos espaciales • combinación de relación máxima (MRC) • 20-MHz y 40-canales • Tasas de datos PHY de hasta 300 Mbps • Packet agregación: A-MPDU (Tx / Rx), A MSDU-(Tx / Rx) • 802,11 DFS (Bin 5) • Cíclica Shift Diversidad (CSD) soporte 																																							
Velocidades de datos compatibles	<p>802.11a: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps</p> <p>802.11g: 1, 2, 5,5, 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, y 54 Mbps</p> <p>Velocidades de datos 802.11n (2,4 GHz y 5 GHz):</p> <table border="1" data-bbox="419 1424 1433 1957"> <thead> <tr> <th data-bbox="419 1424 844 1480" rowspan="2">MCS Índice¹</th> <th colspan="2" data-bbox="844 1424 1115 1480">GI² = 800ns</th> <th colspan="2" data-bbox="1115 1424 1433 1480">GI = 400ns</th> </tr> <tr> <th data-bbox="844 1480 959 1603">20-MHz (Mbps)</th> <th data-bbox="959 1480 1115 1603">40-MHz (Mbps)</th> <th data-bbox="1115 1480 1272 1603">20-MHz (Mbps)</th> <th data-bbox="1272 1480 1433 1603">40-MHz (Mbps)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="419 1603 844 1659">0</td> <td data-bbox="844 1603 959 1659">6,5</td> <td data-bbox="959 1603 1115 1659">13,5</td> <td data-bbox="1115 1603 1272 1659">7,2</td> <td data-bbox="1272 1603 1433 1659">15</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1659 844 1715">1</td> <td data-bbox="844 1659 959 1715">13</td> <td data-bbox="959 1659 1115 1715">27</td> <td data-bbox="1115 1659 1272 1715">14,4</td> <td data-bbox="1272 1659 1433 1715">30</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1715 844 1771">2</td> <td data-bbox="844 1715 959 1771">19,5</td> <td data-bbox="959 1715 1115 1771">40,5</td> <td data-bbox="1115 1715 1272 1771">21,7</td> <td data-bbox="1272 1715 1433 1771">45</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1771 844 1827">3</td> <td data-bbox="844 1771 959 1827">26</td> <td data-bbox="959 1771 1115 1827">54</td> <td data-bbox="1115 1771 1272 1827">28,9</td> <td data-bbox="1272 1771 1433 1827">60</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1827 844 1883">4</td> <td data-bbox="844 1827 959 1883">39</td> <td data-bbox="959 1827 1115 1883">81</td> <td data-bbox="1115 1827 1272 1883">43,3</td> <td data-bbox="1272 1827 1433 1883">90</td> </tr> <tr> <td data-bbox="419 1883 844 1939">5</td> <td data-bbox="844 1883 959 1939">52</td> <td data-bbox="959 1883 1115 1939">108</td> <td data-bbox="1115 1883 1272 1939">57,8</td> <td data-bbox="1272 1883 1433 1939">120</td> </tr> </tbody> </table>	MCS Índice ¹	GI ² = 800ns		GI = 400ns		20-MHz (Mbps)	40-MHz (Mbps)	20-MHz (Mbps)	40-MHz (Mbps)	0	6,5	13,5	7,2	15	1	13	27	14,4	30	2	19,5	40,5	21,7	45	3	26	54	28,9	60	4	39	81	43,3	90	5	52	108	57,8	120
MCS Índice ¹	GI ² = 800ns		GI = 400ns																																					
	20-MHz (Mbps)	40-MHz (Mbps)	20-MHz (Mbps)	40-MHz (Mbps)																																				
0	6,5	13,5	7,2	15																																				
1	13	27	14,4	30																																				
2	19,5	40,5	21,7	45																																				
3	26	54	28,9	60																																				
4	39	81	43,3	90																																				
5	52	108	57,8	120																																				

	6	58,5	121,5	65	135
	7	65	135	72,2	150
	8	13	27	14,4	30
	9	26	54	28,9	60
	10	39	81	43,3	90
	11	52	108	57,8	120
	12	78	162	86,7	180
	13	104	216	115,6	240
	14	117	243	130	270
	15	130	270	144,4	300
Banda de frecuencia y Canales de funcionamiento de 20MHz	A (A dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,462 GHz, 11 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales • 5,500 a 5,700 GHz, 8 canales (excluye 5,600 a 5,640 GHz) • 5,745 a 5,825 GHz, 5 canales C (C dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,472 GHz, 13 canales • 5,745 a 5,825 GHz, 5 canales E (E dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,472 GHz, 13 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales • 5,500 a 5,700 GHz, 8 canales I (I dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,472 GHz, 13 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales 		K (K dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,472 GHz, 13 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales • 5,500 a 5,620 GHz, 7 canales • 5,745 a 5,805 GHz, 4 canales N (N dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,462 GHz, 11 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales • 5,745 a 5,825 GHz, 5 canales P (P dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,472 GHz, 13 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales S (S dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,472 GHz, 13 canales • 5,180 a 5,320 GHz, 8 canales • 5,745 a 5,825 GHz, 5 canales T (T dominio regulador): <ul style="list-style-type: none"> • 2,412 a 2,462 GHz, 11 canales • 5,280 a 5,320 GHz, 3 canales • 5,500 a 5,700 GHz, 11 canales • 5,745 a 5,825 GHz, 5 canales 		
<p>Nota: Esto varía según el dominio regulador. Consulte la documentación del producto para obtener detalles específicos para cada dominio regulador.</p>					
Número máximo de canales no solapados	2,4 GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11b / g: • 20 MHz: 3 • 802.11n: • 20 MHz: 3 		5 GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11a: • 20 MHz: 21 • 802.11n: • 20 MHz: 21 • 40 MHz: 9 		
<p>Nota: Esto varía según el dominio regulador. Consulte la documentación del producto para obtener detalles específicos para cada dominio regulador.</p>					
Sensibilidad de recepción	802.11b -90 DBm a 1 Mb/s	802.11g -87 DBm @ 6 Mb/s	802.11a -86 DBm @ 6 Mb / s		

	-89 DBm @ 2 Mb/s -87 DBm@5.5 Mb/s -85 DBm @ 11 Mb/s	-86 DBm @ 9 Mb/s -83 DBm @ 12 Mb/s -82 DBm @ 18 Mb/s -81 DBm a 24 Mb/s -80 DBm @ 36 Mb/s -75 DBm a 48 Mb/s -74 DBm @ 54 Mb/s	-85 DBm @ 9 Mb / s -82 DBm @ 12 Mb / s -81 DBm @ 18 Mb / s -80 DBm a 24 Mb / s -79 DBm @ 36 Mb / s -74 DBm a 48 Mb / s -73 DBm @ 54 Mb / s	
	2.4 GHz 802.11n (HT20) -86 DBm @ MC0 -85 DBm @ MC1 -84 DBm @ MC2 -83 DBm @ MC3 -80 DBm @ MC4 -75 DBm @ MC5 -74 DBm @ MC6 -73 DBm @ MC7 -86 DBm @ MC8 -85 DBm @ MC9 -84 DBm @ MC10 -83 DBm @ MC11 -80 DBm @ MC12 -75 DBm @ MC13 -74 DBm @ MC14 -73 DBm @ MC15		5-GHz 802.11n (HT20) -85 DBm @ MC0 -84 DBm @ MC1 -83 DBm @ MC2 -82 DBm @ MC3 -79 DBm @ MC4 -74 DBm @ MC5 -73 DBm @ MC6 -72 DBm @ MC7 -85 DBm @ MC8 -84 DBm @ MC9 -83 DBm @ MC10 -82 DBm @ MC11 -79 DBm @ MC12 -74 DBm @ MC13 -73 DBm @ MC14 -72 DBm @ MC15	5-GHz 802.11n (HT40) -85 DBm @ MC0 -84 DBm @ MC1 -83 DBm @ MC2 -79 DBm @ MC3 -76 DBm @ MC4 -71 DBm @ MC5 -70 DBm @ MC6 -69 DBm @ MC7 -85 DBm @ MC8 -84 DBm @ MC9 -83 DBm @ MC10 -79 DBm @ MC11 -76 DBm @ MC12 -71 DBm @ MC13 -70 DBm @ MC14 -69 DBm @ MC15
Potencia de transmisión máxima	2,4 GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11b • 23 dBm con 1 antena • 802.11g • 20 dBm con 1 antena • 802.11n (HT20) • 17 dBm con 1 antena • 20 dBm con 2 antenas 		5 GHz <ul style="list-style-type: none"> • 802.11a • 17 dBm con 1 antena • 802.11n HT no duplicada (802.11a duplicado) • 17 dBm con 1 antena • 802.11n (HT20) • 17 dBm con 1 antena • 20 dBm con 2 antenas • 802.11n (HT40) • 17 dBm con 1 antena • 20 dBm con 2 antenas 	
Nota: El ajuste de la potencia máxima variará según el canal y de acuerdo a las regulaciones de cada país. Consulte la documentación del producto para obtener detalles específicos.				
Los ajustes de la potencia de transmisión	2,4 GHz 23 dBm (200 mW) 20 dBm (100 mW) 17 dBm (50 mW) 14 dBm (25 mW) 11 dBm (12,5 mW) 8 dBm (6,25 mW)		5 GHz 20 dBm (100 mW) 17 dBm (50 mW) 14 dBm (25 mW) 11 dBm (12,5 mW) 8 dBm (6,25 mW)	

<p>Nota: El ajuste de la potencia máxima variará según el canal y de acuerdo a las regulaciones de cada país. Consulte la documentación del producto para obtener detalles específicos.</p>			
Conectores de antena	<ul style="list-style-type: none"> • 2,4 GHz: 3 conectores RP-TNC • 5-GHz: 3 conectores RP-TNC 		
Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> • detección automática 10/100/1000BASE-T (RJ-45) • Un puerto de consola (RJ45) 		
Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • LED de estado indica el estado de funcionamiento, estado de asociación, error / estado de alerta, la secuencia de arranque, y el estado de mantenimiento. • Ethernet LED indica la actividad a través de Ethernet, estado. • Radio LED indica actividad en la radio, estado. 		
Modularidad	<ul style="list-style-type: none"> • Número de ranuras de módulo de radio: 2 • Módulos de radio disponibles 		
	Número de pieza	Descripción	Máximo por AP1250 plataforma
	AIR-RM1252A-x-K9	2,4 802.11a/n-d2.0 5-GHz Radio Module; 3 RP-TNC	1
	AIR-RM1252G-x-K9	802.11g/n-d2.0 de 2.4 GHz Radio Module; 3 RP-TNC	1
Dimensiones (W x L x H)	<ul style="list-style-type: none"> • AP (sin soporte de montaje): 8,12 x 9,52 x 2,35 pulgadas (20,62 x 24,18 x 5,97 cm) • AP (con soporte de montaje): 8,12 x 9,52 x 2,75 pulgadas (20,62 x 24,18 x 6,99 cm) 		
Peso	<ul style="list-style-type: none"> • AP con 2 radios instalada: 5,1 libras (2,31 kg) • AP chasis: 2,1 libras (0,95 kg) • 2,4 GHz radio: 1,5 libras (0,68 kg) • 5 GHz radio: 1,5 libras (0,68 kg) 		
Ambiental	<p>Fuera de funcionamiento (almacenamiento) Temperatura: - 40 a 185 ° F (-40 a 85 ° C) Temperatura de funcionamiento: - 4 a 131 ° F (-20 a +55 ° C) Humedad de funcionamiento: 10 a 90 por ciento (sin condensación)</p>		
Memoria del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • 64 MB de DRAM • 32 MB de memoria Flash 		
Requisitos de entrada de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • AP1250: 36 a 57 VDC • Fuente de alimentación y inyector de alimentación: 100 a 240 VAC, 50 a 60 Hz 		
Opciones de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> • Cisco Catalyst puerto del switch capaz de suministrar 20 W o mayor • Cisco AP1250 Inyector de alimentación (AIR-PWRINJ4) • Cisco AP1250 fuente de alimentación local (AIR-PWR-SPLY1) • 802.3af interruptor (AP1250 con radio única) 		
Consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> • AP1250 con dos módulos de radio RM1252 instalado: 18.5W • AP1250 con un módulo de radio RM1252 instalado: 12.95W <p>Nota: Para un Punto de Acceso Serie 1250 con dos radios, 18.5W es la potencia máxima requerida en el punto de acceso (dispositivo alimentado). Cuando se implementa utilizando PoE, la potencia absorbida desde el equipo de suministro de energía será más alta en alguna cantidad depende de la longitud del cable de interconexión. Esta potencia adicional puede ser tan alta como 1,5 W, con lo que el sistema de drenaje de energía total (punto de acceso</p>		

	+ cableado) a 20W. Una consideración similar se aplica para un punto de acceso de la serie 1250 con una radio.
Garantía	Garantía limitada de hardware
Conformidad	<p>Normas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seguridad: • UL 60950-1 • CAN/CSA-C22.2 N ° 60950-1 • UL 2043 • IEC 60950-1 • EN 60950-1 • Aprobaciones de radio: • FCC Part 15.247, 15.407 • RSS-210 (Canadá) • EN 300.328, EN 301.893 (Europa) • ARIB STD-33 (Japón) • ARIB STD-66 (Japón) • ARIB STD-T71 (Japón) • AS / NZS 4268.2003 (Australia y Nueva Zelanda) • EMI y susceptibilidad (Clase B) • EN 301.489-1 y -17 (Europa) • EN 60601-1-2 EMC requisitos de la Directiva 93/42/CEE Médico • Norma IEEE • IEEE 802.11a/b/g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11h, IEEE 802.11d • Seguridad: • 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA • 802.1X • Estándares de cifrado avanzado (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) • EAP Type (s): • Protocolo de autenticación extensible-Transport Layer Security (EAP-TLS) • EAP-TLS tunelizado (TTLS) o desafío mutuo de Microsoft Authentication Protocol versión 2 (MSCHAPv2) • EAP protegido (PEAP) v0 o EAP-MSCHAPv2 • Protocolo de autenticación extensible-Flexible de autenticación a través de Secure Tunneling (EAP-FAST) • PEAPv1 o EAP-Tarjeta de testigo genérico (GTC) • EAP-Subscriber Identity Module (SIM) • Multimedia: • Wi-Fi Multimedia (WMM™)
Tiempo Calculado medio entre fallos (MTBF)	380.000 horas

¹ Índice de MCS: El esquema de modulación y codificación (MCS) índice determina el número de secuencias espaciales, modulación, la velocidad de codificación, y los valores de velocidad de datos.

² GI: Un intervalo de guarda (GI) entre los símbolos de ayuda a los receptores de superar los efectos de los retrasos de trayectoria múltiple.

DATA SHEET- WIRELESS LAN CONTROLLER 5500

Característica	Beneficios
Escalabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta 12, 25, 50,100, 250, o 500 puntos de acceso para los negocios de servicios inalámbricos en ubicaciones de todos los tamaños.
Rendimiento alto	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad de conexión de cable, el rendimiento sin bloqueo para redes 802.11n
RF Management	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece tanto información en tiempo real e históricos sobre la interferencia de RF afectar el rendimiento de la red a través de los controladores, a través de todo el sistema de integración de tecnología Cisco CleanAir
OfficeExtend	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta el servicio inalámbrico corporativo para los trabajadores móviles y remotos con túneles seguros cableadas a los Cisco Aironet[®] 1130 o 1140 Series Access Points • Extiende la red corporativa a lugares remotos con una configuración mínima y requisitos de mantenimiento (zero-touch implementación) • Mejora la productividad y la colaboración en las localizaciones de sitios remotos • Separa los túneles SSID para permitir el acceso a Internet tanto corporativa como personal • Reducción de las emisiones de CO2 de disminución de los desplazamientos • Mayor satisfacción del empleado de la capacidad para trabajar en casa
Completa de extremo a extremo la seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Ofrece control y aprovisionamiento de los puntos de acceso inalámbricos (CAPWAP) compatible DTLS cifrado para garantizar la plena-line-rate cifrado entre los puntos de acceso y controladores remotos a través de WAN / LAN enlaces
Empresa Wireless Mesh	<ul style="list-style-type: none"> • Permite puntos de acceso establecer dinámicamente conexiones inalámbricas sin la necesidad de una conexión física a la red cableada • Disponible en determinados puntos de acceso Cisco Aironet, Enterprise Wireless Mesh es ideal para almacenes, fabricación de pisos, centros comerciales y cualquier otra ubicación donde se extiende una conexión por cable puede resultar difícil o poco atractivo estéticamente
Vídeo de alto rendimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Integra la tecnología de Cisco videostream como parte del marco medianet para optimizar la entrega de aplicaciones de vídeo a través de la WLAN
End-to-End de voz	<ul style="list-style-type: none"> • Soporta comunicaciones unificadas para mejorar la colaboración a través de mensajería, presencia y conferencia • Soporta todas las Comunicaciones Unificadas de Cisco IP teléfonos móviles de coste-efectivos, los servicios de voz en tiempo real
Alta disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Una fuente de alimentación redundante opcional que ayuda a garantizar la máxima disponibilidad
Ambientalmente Responsable	<ul style="list-style-type: none"> • Las organizaciones pueden optar por desactivar las radios de puntos de acceso para reducir el consumo de energía durante las horas pico
Movilidad, Seguridad y Gestión para IPv6 y Clientes Dual-Stack	<ul style="list-style-type: none"> • Conectividad segura, fiable inalámbrica y consistente experiencia del usuario final • Aumento de la disponibilidad de la red a través de bloqueo proactivo de amenazas conocidas • Equipa a los administradores para la solución de problemas de IPv6, la planificación y la trazabilidad de un cliente común por cable y sistema de gestión inalámbrica

Artículo	Especificaciones
Sin hilos	IEEE 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11d, WMM/802.11e, 802.11h, 802.11n, 802.11u.
Wired / conmutación / enrutamiento	IEEE 802.3 10BASE-T, IEEE 802.3u 100BASE-TX pliego de condiciones, 1000BASE-T. 1000BASE-SX, 1000-BASE-LH, Vtagging IEEE 802.1Q, IEEE y agregación de enlaces 802.1AX.
Data Request For Comments (RFC)	<ul style="list-style-type: none"> • RFC 768 UDP • RFC 791 IP • RFC 2460 IPv6 (pass through modo de puente solamente) • RFC 792 ICMP • RFC 793 TCP • RFC 826 ARP • RFC 1122 Requisitos para hosts de Internet • RFC 1519 CIDR • RFC 1542 BOOTP • RFC 2131 DHCP • RFC 5415 CAPWAP Protocolo de Especificaciones • RFC 5416 CAPWAP vinculante para 802.11
Normas de Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • WPA • IEEE 802.11i (WPA2, RSN) • RFC 1321 MD5 Message-Digest Algorithm • RFC 1851 El ESP Triple DES Transform • RFC 2104 HMAC: hashing por clave para la autenticación de mensajes • RFC 2246 TLS Protocol Version 1.0 • RFC 2401 Arquitectura de Seguridad para el Protocolo de Internet • RFC 2403 HMAC-MD5-96 en ESP y AH • RFC 2404 HMAC-SHA-1-96 en ESP y AH • RFC 2405 ESP DES-CBC algoritmo de cifrado con explícita IV • RFC 2406 IPsec • RFC 2407 Interpretación de ISAKMP • RFC 2408 ISAKMP • RFC 2409 IKE • RFC 2451 ESP CBC-Mode Algoritmos de cifrado • RFC 3280 Internet X.509 PKI Certificado y CRL Perfil • RFC 3602 el algoritmo de cifrado AES-CBC y su uso con IPsec • RFC 3686 Uso del modo AES Contador con IPsec ESP • RFC 4347 Datagrama Transport Layer Security • RFC 4346 TLS Protocol Version 1.1
Cifrado	<ul style="list-style-type: none"> • WEP y TKIP-MIC: RC4 40, 104 y 128 bits (llaves estáticas y compartidas) • AES: CBC, CCM, CCMP • DES: DES-CBC, 3DES • SSL y TLS: RC4 de 128-bit y RSA 1024 - y 2048 bits • DTLS: AES-CBC • IPSec: DES-CBC, 3DES, AES-CBC
Autenticación, autorización y contabilidad (AAA)	<ul style="list-style-type: none"> • IEEE 802.1X • RFC 2548 Microsoft Vendor-Specific RADIUS Atributos • RFC 2716 PPP EAP-TLS • RFC 2865 autenticación RADIUS • RFC 2866 RADIUS Contabilidad • RFC 2867 RADIUS Contabilidad túnel

	<ul style="list-style-type: none"> • RFC 2869 Extensiones de RADIUS • RFC 3576 Dynamic Autorización de extensiones a RADIUS • RFC 3579 RADIUS Soporte para EAP • RFC 3580 IEEE 802.1X RADIUS Directrices • RFC 3748 Protocolo de autenticación extensible • Autenticación basada en Web • TACACS soporte para los usuarios de gestión
Manejo	<ul style="list-style-type: none"> • SNMP v1, v2c, v3 • RFC 854 Telnet • RFC 1155 Gestión de la Información para TCP / IP basados en internet • RFC 1156 MIB • RFC 1157 SNMP • RFC 1213 SNMP MIB II • RFC 1350 TFTP • RFC 2030 SNTP • RFC 2616 HTTP • RFC 2665 Ethernet-Like MIB tipos de interfaz • RFC 2674 Definiciones de objetos administrados para puentes con las clases de tráfico, filtrado de multidifusión y extensiones virtuales • RFC 2819 RMON MIB • RFC 2863 Grupo de Interfaces MIB • RFC 3164 Syslog • RFC 3414 User-Based Security Model (USM) para SNMPv3
Interfaces de administración	<ul style="list-style-type: none"> • Web-based: HTTP / HTTPS • Interfaz de línea: Telnet, Secure Shell (SSH) protocolo, puerto serial • Cisco Wireless Control System (WCS)
Interfaces e indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Enlace ascendente: 8 (5508) 1000BaseT, 1000Base-SX y 1000Base-LH ranuras para transceptores • factor de forma pequeño (SFP) opciones (sólo Cisco SFP compatibles): GLC-T, GLC-SX-MM, GLC-LH-SM • Indicadores LED: Enlace • Puerto de servicio: 10/100/1000 Mbps Ethernet (RJ45). • Puerto de servicio: 10/100/1000 Mbps Ethernet (RJ45) para una alta disponibilidad para su uso futuro • Indicadores LED: Enlace • Utilidad de puerto: 10/100/1000 Mbps Ethernet (RJ45) • Indicadores LED: Enlace • Las ranuras de expansión: 1 (5508) • Puerto de consola: RS232 (DB-9 male/RJ-45 cable incluido), mini-USB • Otros indicadores: Sys, ACT, fuente de alimentación 1, fuente de alimentación 2
Física y Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Dimensiones (An x P): 17,30 x 21,20 x 1,75 pulgadas (440 x 539 x 44.5 mm) • Peso: 20 lbs (9,1 kg) con 2 fuentes de alimentación • Temperatura: Temperatura de funcionamiento: de 32 a 104 ° F (0 a 40 ° C) • Humedad: Humedad de funcionamiento: 10 95%, sin condensación. Humedad de almacenamiento: hasta 95% • Potencia de entrada: 100 a 240 VAC, 50/60 Hz, 1,05 A a 110 VAC máximo, 115 W; 0,523 A a 220 V CA, 115 W máximo; Condiciones de prueba: Fuentes de alimentación redundantes, Tráfico 40C, Full • Disipación del calor: 392 BTU / hora a máxima 110/220 VAC

Tabla 4. Información para pedidos de Cisco 5500 Series Wireless Controllers (27)

Número de pieza	Nombre del producto	Cisco SMARTnet® Servicio 8x5xNBD
AIR-CT5508-12-K9	5500 Series Wireless Controller para hasta 12 puntos de acceso de Cisco	CON-SNT-CT0812
AIR-CT5508-25-K9	5500 Series Wireless Controller para hasta 25 puntos de acceso de Cisco	CON-SNT-CT0825
AIR-CT5508-50-K9	5500 Series Wireless Controller para hasta 50 puntos de acceso de Cisco	CON-SNT-CT0850
AIR-CT5508-100-K9	5500 Series Wireless Controller para hasta 100 puntos de acceso de Cisco	CON-SNT-CT08100
AIR-CT5508-250-K9	5500 Series controlador inalámbrico para un máximo de 250 puntos de acceso de Cisco	CON-SNT-CT08250
AIR-CT5508-500-K9	5500 Series Wireless Controller para hasta 500 puntos de acceso de Cisco	CON-SNT-CT08500
AIR-CT5508-500-2PK	2 Pack 5500 Series Wireless Controller para hasta 500 puntos de acceso Cisco cada uno (1000 puntos de acceso total)	CON-SNT-AIRC552P
AIR-CT5508-HA-K9	Cisco 5508 Series Wireless Controller para alta disponibilidad	CON-SNT-CT5508HA

Tabla 5. Accesorios para Cisco 5500 Series Wireless Controllers (27)

Número de pieza	Nombre del producto
AIR-PWR-5500-AC =	5500 Series Wireless Controller redundante Fuente de alimentación CA
AIR-FAN-5500 =	5500 Series Wireless Controller bandeja de ventiladores
AIR-CT5500-RK-MNT	5500 Series controlador inalámbrico de repuesto kit de montaje

Incremento de capacidad de licencias

Tabla 6. Información de pedido para Cisco 5500 Series Wireless Controllers licencias de capacidad de entrega de aditivos (e-llaves de autorización del Producto [PAK]) (27)

	Número de pieza	Descripción del producto	Cisco SMARTnet Servicio 8x5xNBD
e-License	L-LIC-UPG-CT5508	Primaria actualización SKU: Escoja cualquier número o combinación de las siguientes opciones en este Código para actualizar los controladores de uno o muchos bajo una clave de autorización de productos	CON-SNT-LCTUPG
	L-LIC-CT5508-5A	5 AP Adder Licencia para el controlador 5508 (eDelivery)	CON-SNT-LICT55A
	L-LIC-CT5508-25A	25 AP Adder Licencia para el controlador 5508 (eDelivery)	CON-SNT-LCT25A
	L-LIC-CT5508-50A	50 AP Adder Licencia para el controlador 5508 (eDelivery)	CON-SNT-LCT50A
	L-LIC-CT5508-100A	100 AP Adder Licencia para el controlador 5508 (eDelivery)	CON-SNT-LCT100A
	L-LIC-CT5508-250A	250 AP Adder Licencia para el controlador 5508 (eDelivery)	CON-SNT-LCT250A

Las licencias de capacidad aditivos permiten el aumento de la capacidad de punto de acceso compatible con el controlador, hasta un máximo de 500 puntos de acceso. A modo de ejemplo, si un controlador se le ordenó inicialmente con el apoyo de 250 puntos de acceso, esa capacidad puede ser más tarde aumentó a un máximo de 500 puntos de acceso mediante la compra de 250 puntos de acceso aditivo licencia de capacidad (1x-LIC-CT5508-250A).