

UCLV
Universidad Central
"Marta Abreu" de Las Villas



FIE
Facultad de
Ingeniería Eléctrica

**Departamento de Electrónica y
Telecomunicaciones**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Título del trabajo: "Actualización de la red inalámbrica de la Facultad de
Ingeniería Eléctrica"**

Autor del trabajo: Francisco Joaquim Capassola

Tutores del trabajo: Ing. Yudisleidy Ruiz Ríos

Consultante: Ms. C. Rafael Alejandro Olivera Solís

Santa Clara, noviembre 2021
Copyright©UCLV

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, y se encuentra depositado en los fondos de la Biblioteca Universitaria “Chiqui Gómez Lubian” subordinada a la Dirección de Información Científico Técnica de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su utilización bajo la licencia siguiente:

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Dirección de Información Científico Técnica. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Carretera a Camajuaní. Km 5½. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP. 54 830

Teléfonos.: +53 01 42281503-1419



Hago constar que el presente trabajo de diploma fue realizado en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas como parte de la culminación de estudios de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, autorizando a que el mismo sea utilizado por la Institución, para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos, ni publicados sin autorización de la Universidad.

Firma del Autor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referido a la temática señalada.

Firma del Tutor

Firma del Jefe de Departamento de
Electrónica y Telecomunicaciones

Firma del Responsable de
Información Científico-Técnica

PENSAMIENTO

Obedecer es mejor que ofrecer un sacrificio.

1 Samuel 15:22

DEDICATORIA

A mis padres biológicos Alberto Espelho António y Ana João Joaquim, mis padres cubanos Alain Águila y Nerayda Alonso por estar siempre presentes. A toda mi familia y amigos por darme lo necesario para la realización de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

El ser humano es un ser dotado de elevada inteligencia. Además de eso, él es dependiente. Pues para el uso y el desarrollo de su inteligencia él necesita de vida. Y no estoy apartado de esa cuestión. Por eso, se reconoce para la elaboración de este proyecto se necesita vida, fuerza y a pesar de todo una capacidad intelectual. Así que, agradezco primeramente a Jehová nuestro Dios por la vida y fuerza que me concede todos los días. Al profesor Ms. C. Rafael Alejandro Olivera Solís y a la profesora Ing. Yudisleidy Ruiz Ríos por la atención y el ejemplo transmitidos, y la confianza que han depositado en mí desde los primeros días de enseñanza, pues eso ha contribuido para el desarrollo de mi capacidad intelectual. A los profesores y amigos: Dr.C. Félix F. Alvarez Paliza, MSc. Arelys Ramos Fleites, MSc. Irina Benignovna Siles, MSc. Carlos Alberto Rodriguez, Dr.C. Erik Ortiz, Dr.C Carlos Roche, Dr.C. Miguel Arturo Mendoza, MSc. David Beltran, Decano de la FIE Dr.C Juan Pablo Barrios, Dr.C Carlos Alberto Bazan, Dra Maria Isabel Capichiri Rivas, Moises Abreu Neves Manuel, Richard Saez Perez, Yoan Martinez, Anacleto Roberto Lopez, Andres Feble, Andre Escalante, Gabriel Hernandez, Yuniel Beltran, Yordanka Napoles, Dairene, Julieta Capitão, Eduardo Epuig, Laury Rosa Espinosa, Madelayne Ibañez, Luis Manuel Fraga, Yarissa Hernandez, Gustavo Sierra, Jasmine Pierre, Jefter Mateus, Ezequiel Tomas, Jose Luhamé por la simbólica contribución en la diversidad de informaciones que me han brindado.

Agradecimientos a todos los que, de una forma u otra, me han ayudado en la realización de este trabajo.

RESUMEN

Se realizó el diseño de infraestructura inalámbrica, con el objetivo de conectar lugares donde no hay cobertura de redes inalámbricas en la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE) de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV). Se hizo una profundización a las tecnologías asociadas a las redes Ethernet y WLAN (*Wireless Local Area Network*), haciendo énfasis en los fundamentos teóricos de los estándares que rigen esas redes, en la escalabilidad, *Power over Ethernet* (PoE), la seguridad y las aplicaciones. Se abordó el tema de metodología para el diseño de redes, así como sus principales parámetros, necesidades y objetivos. Se analizaron los objetivos técnicos y sus limitaciones, se realizó una caracterización de la interconexión de la red existente y de las aplicaciones de la red FIE. También se realizó un estudio de cobertura en el área docente de la facultad y se realizó una simulación sencilla de la red propuesta.

TABLA DE CONTENIDOS

PENSAMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
Organización del informe	2
Capítulo 1 CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES LAN Y WLAN	4
1.1 Estándares IEEE 802.3 (Ethernet)	4
1.1.1 IEEE 802.3u - ETHERNET DE ALTA VELOCIDAD (<i>Fast Ethernet</i>)	6
1.1.2 IEEE 802.3z – <i>Gigabit Ethernet</i>	7
1.1.3 IEEE 802.3ae - <i>Gigabit Ethernet</i> sobre fibra.	8
1.1.4 IEEE 802.3af – Energía sobre Ethernet	9
1.2 Redes inalámbricas 802.11	9
1.2.1 Capa Enlace	11
1.2.2 Capa Física PHY	12
1.2.3 Estándares IEEE 802.11	13
1.3 Escalabilidad	15
1.4 Seguridad de WLAN	16
1.4.1 Confidencialidad y Encriptación	17
1.5 <i>Power over Ethernet</i> (PoE)	19
1.5.1 Arquitectura física de un sistema PoE 802.3af	20
1.6 Aplicaciones de las redes LAN y WLAN	23
1.7 Consideraciones finales del capítulo 1	24

Capítulo 2	DISEÑO DE LA RED WLAN.....	25
2.1	Metodología para el diseño de redes.....	25
2.2	Necesidades y objetivos	25
2.3	Objetivos técnicos y limitaciones de la red.....	28
2.4	Interconexión de red existente	28
2.5	Aplicaciones de la red FIE	31
2.6	Equipamiento de Cisco	32
2.6.1	<i>Cisco Aironet 1140 Series Access Point</i>	32
2.6.2	ProCurve Conmutador serie 2610	34
2.7	Consideraciones finales	35
Capítulo 3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
3.1	Estructura de la red propuesta.....	36
3.2	Diagrama de conexiones lógicas de la red propuesta	37
3.3	Estándares de la futura red	38
3.4	Estudio de cobertura inalámbrica.....	39
3.5	Simulación de la red en <i>Packet Tracer</i>	41
3.6	Consideraciones finales	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		43
Conclusiones.....		43
Recomendaciones		44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		45
ANEXOS.....		49
Anexo I	Estándares IEEE 802.11.	49
Anexo III	Fases para la alimentación PoE de un PD compatible con IEEE 802.3af.	50

Anexo V Especificaciones del producto para los AP Cisco Aironet de la serie 1140.	51
Anexo VI Características del producto para los AP Cisco Aironet de la serie 1140.	52
Anexo VII Especificaciones I de <i>ProCurve Switch serie 2610</i>	53
Anexo VIII Especificaciones II de <i>ProCurve Switch serie 2610</i>	54
Anexo IX Especificaciones III de <i>ProCurve Switch serie 2610</i>	55
Anexo X Especificaciones III de <i>ProCurve Switch serie 2610</i>	56

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las redes locales inalámbricas han ido ganando lugar a las Redes Locales cableadas. Una red WLAN permite reemplazar por conexiones inalámbricas los cables que conectan a la red los PCs, portátiles u otro tipo de dispositivos, dotando a los usuarios de movilidad en las zonas de cobertura alrededor de cada uno de los AP (*Access Point*, AP), los cuales se encuentran interconectados entre sí y con otros dispositivos o servidores de la red cableada [1].

Las WLAN fueron diseñadas para el ámbito empresarial. Sin embargo, en la actualidad han encontrado una gran variedad de escenarios de aplicación, tanto públicos como privados: entorno de grandes redes corporativas, zonas industriales, campus universitarios, entornos hospitalarios, ciber cafés, hoteles, aeropuertos, medios públicos de transporte.

El uso de Redes Locales Inalámbricas dentro de una institución educativa permite a los alumnos utilizar dispositivos electrónicos como computadoras portátiles, celulares o cualquier tipo de dispositivo con aplicación WIFI. Lo cual permite que los alumnos acceder a internet para poder tener todo lo necesario para complementar su aprendizaje durante clases. Así como visitar los sitios web de interés cuando tengan cualquier tipo de dudas relacionadas con sus materias, poder realizar trabajos de investigación en el momento, e incluso mantener comunicación mediante las redes sociales con personas de todo el mundo [2].

Los países punteros en redes WLAN son los Estados Unidos, países miembros de la Unión Europea, Australia y Japón, todos del mundo desarrollado. Cuba, como otros tantos países en vías de desarrollo, ha asumido el reto de las redes WLAN y sus nuevos estándares [3]. Varias empresas e instituciones se han sumado al empleo de los mismos. En la zona central del país se puede citar como algunos ejemplos la OBE, Cayería Norte de Villa Clara, Radio Cuba, Etecsa, Copextel, Movitel, Cubacel, SEPSA, ECIE y con este trabajo la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV) actualiza hacia nuevas tecnologías teniendo como pionera a la Facultad de Ingeniería Eléctrica (FIE).

La Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas representa una realidad desfavorable en cuanto a cubrimiento de la cobertura inalámbrica, así como del cubrimiento de las expectativas de este servicio, a los usuarios. A pesar de la

importancia que tienen las redes de datos y avances tecnológicos, se evidencia una limitada implementación y penetración de las redes inalámbricas en la facultad. Por lo antes expuesto se plantea la siguiente **interrogante científica**: ¿cómo contribuir a la modificación y perfeccionamiento de la red inalámbrica de la facultad de Ingeniería Eléctrica?

Para darle respuesta a la anterior interrogante se plantea el siguiente **objetivo general**:

- Proponer una infraestructura de red inalámbrica basada en tecnología CISCO para la red de la FIE.

Objetivos específicos:

1. Caracterizar las redes LAN y WLAN.
2. Diagnosticar la situación actual de la infraestructura de la red FIE.
3. Identificar los elementos necesarios para el diseño de la red inalámbrica.
4. Evaluar la propuesta utilizando herramientas de medición y simulación.

Las **interrogantes científicas** son las siguientes:

¿Cuáles son los fundamentos de las redes de área local, cableadas e inalámbricas?

¿Cuál es el estado actual de la red de la facultad de Ingeniería Eléctrica?

¿Qué elementos se deben tener en cuenta para la modificación de la red inalámbrica?

¿Cómo comprobar el correcto funcionamiento de la red propuesta?

Organización del informe

La investigación incluye introducción, tres capítulos, además de las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos correspondientes. Los temas que se abordan en cada capítulo se encuentran estructurados de la forma siguiente:

Capítulo I: En este capítulo se definieron las aplicaciones más frecuentes de esta tecnología, los estándares inalámbricos existentes actualmente, servicios y aplicaciones de las redes LAN y escalabilidad.

Capítulo II: En este capítulo se abordan los procedimientos a seguir de Diseño de las redes LAN y WLAN. Se explica detalladamente la forma en que se implementa el diseño de Redes WLAN y los pasos a seguir para cumplir dicho objetivo.

Capítulo III: En este capítulo se evalúa el desempeño y los elementos que conforman la red nueva red inalámbrica. Se realiza un análisis de los resultados obtenidos en cada uno de los escenarios implementados.

Capítulo 1 CARACTERIZACIÓN DE LAS REDES

LAN Y WLAN

En este capítulo se realizará una profundización a las tecnologías asociadas a las redes ETHERNET y WLAN, haciendo énfasis en los fundamentos teóricos de los estándares que rigen esas redes, en la escalabilidad, *Power over Ethernet* (PoE), la seguridad y las aplicaciones.

1.1 Estándares IEEE 802.3 (Ethernet)

Ethernet es la tecnología de LAN (*Local Area Network*, Red de Área Local) de uso más generalizado (son posiblemente las que dominan en Internet), adecuándose muy bien a las aplicaciones en las que un medio de comunicación local debe transportar tráfico esporádico y ocasionalmente pesado, a velocidades muy elevadas.

La arquitectura de red Ethernet se originó en la Universidad de Hawai durante los años setenta, donde se desarrolló el método de acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones, CSMA/CD (*Carrier Sense and Multiple Access with Collision Detection*), utilizado actualmente por Ethernet. Este método ante la necesidad de implementar en las islas Hawai un sistema de comunicaciones basado en la transmisión de datos por radio, que se llamó Aloha.

En el año 1973, Bob Metcalfe, en el Centro de Investigación de Xerox en Palo Alto de California PARC (*Palo Alto Research Center*) redactó un documento describiendo el sistema de red Ethernet que él había inventado para interconectar estaciones de trabajo (computadoras avanzadas), que posteriormente sirvió como base de la especificación 802.3 publicada en 1980 por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*, IEEE). La red operaba a 2,94 Mbps usando el protocolo CSMA/CD A partir del ALOHA Network. La Figura 1.1 muestra el boceto de la primera LAN Ethernet diseñada por Metcalfe [4], [5].

apantallado (STP, *screened twisted-pair*) de 4 pares. **TIA/EIA-568-B.2** especifica los componentes de cableado, de transmisión, los modelos de sistemas y los procedimientos de medición necesarios para la verificación del cableado de par trenzado. **TIA/EIA-568-B.3** especifica los componentes y requisitos de transmisión para un sistema de cableado de fibra óptica [8].

Sistema horizontal este compuesto por los cables, terminaciones, canalizaciones, cables de equipos y cordones de conexión, necesarios para llevar servicios hasta cada puesto de trabajo. El sistema horizontal es instalado entre las áreas conocidas como cuartos de telecomunicaciones y las áreas de trabajo.

El estándar 568B exige una topología en estrella para el cableado horizontal y las longitudes máximas definidas para cada enlace horizontal, son: **Cable sólido:** 90m (295 pies), **Cables de equipo en área de trabajo:** 5m (16 pies) y **Cordones de conexión (*patch cords*):** 5m (16 pies) [8].

Las tecnologías Ethernet más comunes y más importantes las son (Figura 1.2):

Tipo	Medio	Ancho de banda máximo	Longitud máxima de segmento	Topología Física	Topología Lógica
10Base5	Coaxial grueso	10 Mbps	500 m	Bus	Bus
10Base-T	UTP Cat 5	10 Mbps	100 m	Estrella; Estrella Extendida	Bus
10Base-FL	Fibra óptica multimodo	10 Mbps	2.000 m	Estrella	Bus
100Base-TX	UTP Cat 5	100 Mbps	100 m	Estrella	Bus
100Base-FX	Fibra óptica multimodo	100 Mbps	2.000 m	Estrella	Bus
1000Base-T	UTP Cat 5	1000 Mbps	100 m	Estrella	Bus

Figura 1.2 Ethernet según el cableado [9].

1.1.1 IEEE 802.3u - ETHERNET DE ALTA VELOCIDAD (*Fast Ethernet*)

El estándar IEEE 802.3u se aprobó en 1995 para ofrecer redes LAN Ethernet a 100 Mbps. Para hacerla compatible con Ethernet 10Base-T se preservan los formatos de los paquetes y las interfaces, pero se aumenta la rapidez de transmisión, con lo que la razón de transmisión sube a 100 Mbps [6], [10], [11].

El desarrollo del estándar IEEE 802.3u a 100Mbps estuvo motivado por el deseo de mantener inalterados el tamaño de las tramas y los procedimientos, y definir un conjunto de capas físicas basadas en una topología en la que se hiciese uso de paneles de conexiones y cableado de para trenzado y fibra óptica. El estándar implica el uso de estaciones que se conectan en una topología de estrella a los paneles de conexión mediante para trenzado no apantallado.

1.1.2 IEEE 802.3z – *Gigabit Ethernet*

El estándar IEEE 802.3z se completó en 1998 y supuso la definición de un LAN Ethernet que supera la *Fast Ethernet* en un factor de 10. El objetivo es definir una nueva capa física al tiempo que se mantiene la estructura de trama y los procedimientos del estándar IEEE 802.3 a 10Mbps.

El incremento de la velocidad en otro factor de 10 puso de manifiesto las limitaciones del algoritmo MAC CSMA-CD. Por ejemplo, a una velocidad de 1Gbps, la transmisión de una trama de tamaño mínimo igual a 64 octetos puede completarse antes de que la estación emisora detecte la ocurrencia de una colisión. Es por ello que la ranura temporal se amplió a 512 bytes. Las tramas de longitud inferior a este tamaño deben ampliarse con información adicional. Además, se introdujo la técnica denominada ráfagas de paquetes para resolver el problema de escalado: se permite a las estaciones transmitir una ráfaga de paquetes pequeños para mejorar el parámetro α . A pesar de ello, es claro que el protocolo de control de acceso CSMA-CD ha alcanzado sus límites con *Ethernet Gigabit*. De hecho, el estándar mantiene la estructura de trama, pero funciona principalmente en modo conmutado [12]–[14].

Gigabit Ethernet define un concentrador compartido o conmutado. En el concentrador compartido sí se utilizan las mejoras indicadas, pero en el concentrador conmutado que cada segmento es un medio dedicado, y no se utilizan dichas mejoras. De hecho, no hay que luchar para acceder al medio compartido. La Figura 1.3 muestra una configuración de red *Gigabit Ethernet* con ambos tipos de concentradores.

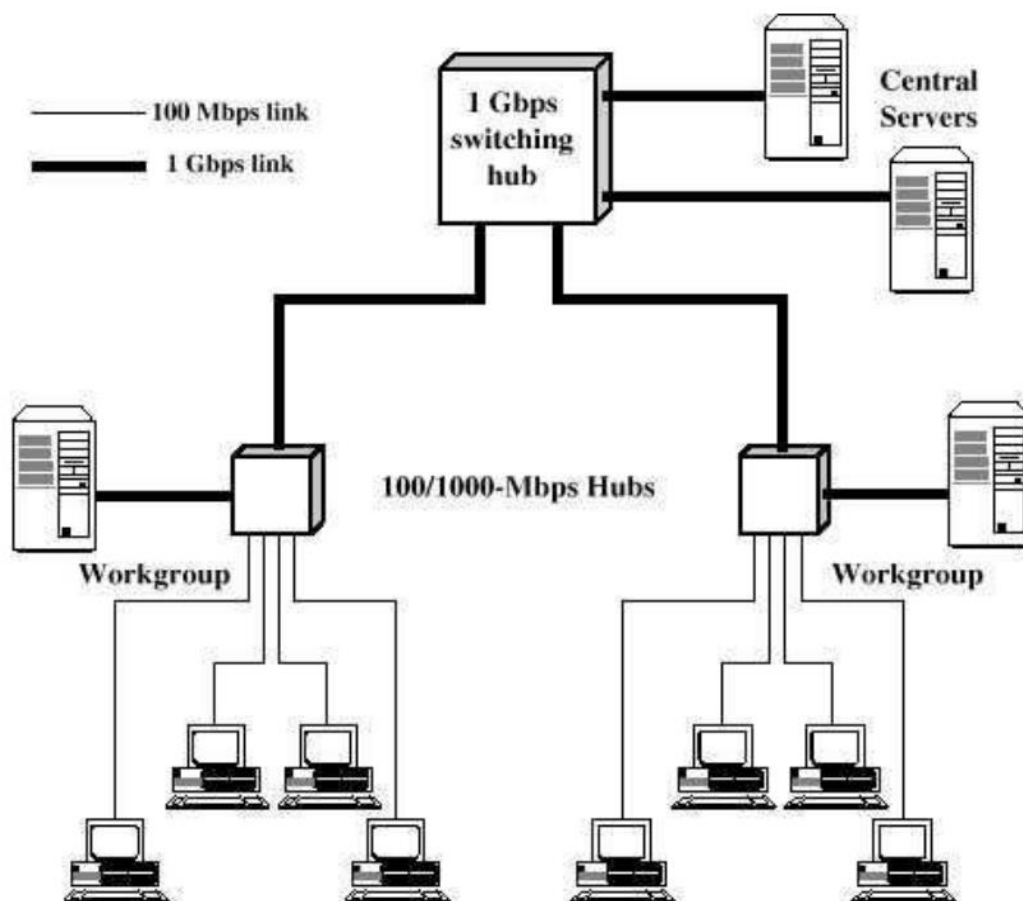


Figura 1.3 Configuración de típica de red Gigabit Ethernet [13].

1.1.3 IEEE 802.3ae - *Gigabit Ethernet* sobre fibra.

Este proyecto, liderado por el Grupo de Trabajo IEEE 802.3, fue aprobado en enero de 2000 para extender el protocolo 802.3 a una velocidad operativa de 10Gbps y para expandir el espacio de aplicación de Ethernet y así incluir una compatibilidad superior con los vínculos WAN (*Wide Area Network*) existentes. El estándar resultante ofreció un importante aumento en el ancho de banda y la administración opcional de redes compatibles con WAN, además de mantener compatibilidad máxima con el estándar IEEE 802.3 Ethernet existente.

La 10GEA (Alianza Ethernet de 10 Gigabits) fue creada en enero de 2000 para promover los estándares basados en tecnología Ethernet de 10 Gigabits y alentar la utilización e implementación de Ethernet de 10 Gigabits como tecnología clave de redes para la conectividad de diversos dispositivos informáticos, de datos y de telecomunicaciones. Su mandato incluyó la implementación de Ethernet de 10 Gigabits para los mercados de redes

de área local (LAN), redes de área metropolitana (MAN) y redes de área amplia (WAN) y el trabajo en colaboración con la Fuerza de Tareas Ethernet (IETF) 10 Gigabits IEEE 802.3ae para colaborar a desarrollar las normas para Ethernet de 10 Gigabits [15]–[17].

1.1.4 IEEE 802.3af – Energía sobre Ethernet

El estándar IEEE 802.3af de energía sobre Ethernet, PoE (*Power over Ethernet*), PoE permite la entrega de energía DC sobre el mismo cable de cobre de Ethernet, y permite que los clientes integren nuevos dispositivos de energía adjuntos a la red a su infraestructura LAN existente.

Con un número de productos Ethernet con energía disponibles en el mercado incluyendo GSM *picocells*, cámaras de seguridad basadas en la Web, terminales de control de recolección de datos, controladores de iluminación y servidores de impresoras, los usuarios podrán ver claros beneficios al integrar un rango diverso de dispositivos adjuntos a la red en una sola red común. Además de eliminar la necesidad de energía AC local y generar ahorros financieros, un punto interesante de PoE es que representa el único estándar global de energía con un voltaje y enchufe común [18], [19].

1.2 Redes inalámbricas 802.11

Cualquier red basada en alguna de las variantes del 802.11 está compuesta por cinco componentes físicos básicos (Figura 1.4). La existencia en el mercado de dichos dispositivos capaces de interconectarse de forma barata y sencilla ha dado origen a una gran variedad de aplicaciones que sobrepasan ampliamente el ámbito de utilización en entornos empresariales para el que nacieron las WLAN. El uso de todos o sólo alguno de ellos dependerá de la situación a la que se intente hacer frente.



Figura 1.4 Esquema básico de una red WLAN [20].

Los componentes que conforman una red WLAN son:

- Sistema de distribución: El Sistema de Distribución (DS) es el componente físico de la 802.11 que se encarga de conducir las tramas hasta su destino. En el estándar no se fija ninguna tecnología concreta para el DS. Este componente tiende a equipararse a la columna vertebral de la red (*backbone network*), usada para enviar tramas entre los AP.
- Punto de acceso: El punto de acceso es el centro de las comunicaciones de la mayoría de las redes inalámbricas. El punto de acceso no sólo es el medio de intercomunicación de todos los terminales inalámbricos, sino que también es el puente de interconexión con la red fija e Internet. Dentro de la WLAN las funciones básicas que puede realizar un punto de acceso son:
 1. Portal, para redes 802.X, de otro tipo (Internet, Intranet, etc...).
 2. Puente, hacia otros AP para extender los servicios de acceso.
 3. Enrutador, para direccionar los datos dentro de la zona de cobertura.

Los AP realizan una extensa variedad de funciones, pero una de las más importantes es actuar como puente entre la red cableada y la red inalámbrica, función de portal. Para poder conectar una arquitectura 802.11 en una LAN cableada se define un componente lógico en la arquitectura, el portal. El portal es el punto lógico por el que las MSDU's

(MAC Service Data Unit) pueden pasar de una red 802.x al sistema de distribución de la red 802.11 y viceversa.

Un punto de acceso puede realizar a la vez las funciones de punto de acceso y de portal. Esto puede ocurrir en los casos en los que el sistema de distribución se realiza con componentes de LAN basadas en 802.3, en los que ese punto de acceso es el que tiene conexión a las otras redes [20], [21].

- Controlador de AP: El controlador de AP, es el dispositivo necesario, para despliegues que requieren de varios AP por razones de cobertura y/o tráfico. Las funcionalidades básicas que puede realizar un controlador de AP son: Punto de acceso, Cliente VPN (Virtual Private Networks), Cliente Radius (*Remote Authentication Dial In User Service*), *Routing* y *Firewall*.
- Medio inalámbrico: Es el medido usado para enviar tramas de una estación a otra.
- Estación: La principal función de cualquier red, es la de intercambiar datos entre las diferentes estaciones que la componen. Estas suelen ser algún tipo de computadoras, provistas de interfaces de red inalámbricas, tanto portátiles como no. El caso más habitual será el caso de un ordenador, portátil o no, provisto de alguna de las posibles tarjetas de red inalámbricas.

Las redes inalámbricas de área local (WLAN) están diseñadas para proporcionar acceso inalámbrico en zonas con un rango típico de hasta 100 metros y se utilizan sobre todo en el hogar, la escuela, una sala de ordenadores, o entornos de oficina. Esto proporciona a los usuarios la capacidad de moverse dentro de un área de cobertura local y permanecer conectado a la red. Las WLAN se basan en el estándar 802.11 de la IEEE.

El estándar IEEE 802.11 es un conjunto especificaciones de control de acceso al medio (MAC) y de la capa física (PHY) para la implementación de redes inalámbricas de área local en las bandas de frecuencias 2,4 GHz, 5 GHz, y 60 GHz [20], [22].

1.2.1 Capa Enlace

El comité del estándar IEEE 802 define dos capas separadas para la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI (Figura 1.5), la subcapa de control de enlace lógico (*Logical Link Control -LLC*) y la subcapa de control de acceso al medio (*Media Access Control -*

MAC). La sub-capa MAC define dos funciones de acceso al medio, la primera llamada *Distributed Coordination Function* (DCF), más conocido como CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*) que es un mecanismo de detección de portadora y prevención de colisiones, llevado a cabo en cada estación de forma distribuida. Y la segunda función recibe el nombre de *Point Coordination Function* (PCF), que prácticamente no es implementado [20].

Modelo de Referencia OSI

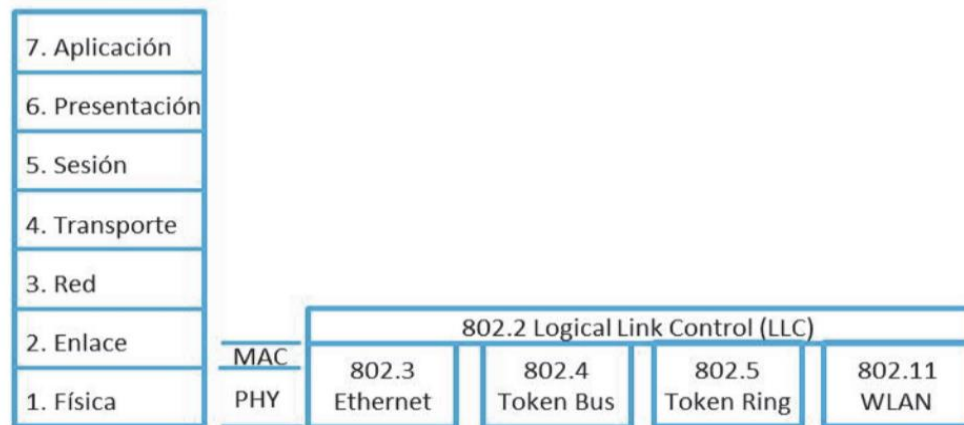


Figura 1.5 El estándar IEEE 802.11 y el modelo de referencia OSI [23].

1.2.2 Capa Física PHY

La capa física corresponde a la capa más baja del modelo de referencia OSI como se aprecia en la Figura 1.6. Es la encargada de transmitir y recibir la información por el medio físico, que en este caso es el aire; y es donde se establecen las especificaciones eléctricas y mecánicas de las conexiones. Consiste en dos subniveles, la PMD (*Physical Medium Dependent*), que maneja las distintas bandas de frecuencia de trabajo y los esquemas de modulación disponibles y la sub-capa PLCP (*Physical Layer Convergence Protocol*), la cual es responsable de mapear unidades de datos MAC en un formato de tramas susceptibles de ser transmitidas o recibidas entre diferentes estaciones a través de la capa PMD[20].

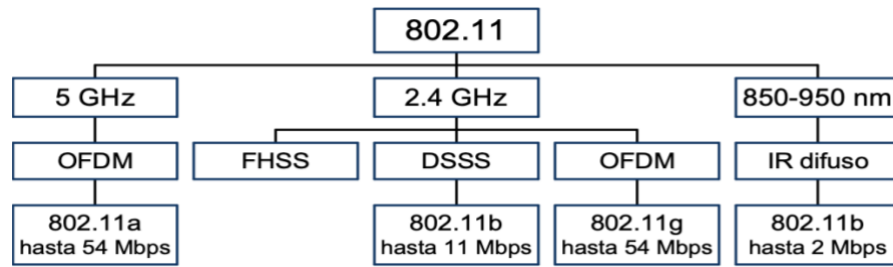


Figura 1.6. Estándares IEEE 802.11 en la capa física PHY [24].

1.2.3 Estándares IEEE 802.11

La velocidad de transmisión para el estándar IEEE 802.11 original es de 2 Mbps utilizando el esquema de transmisión FHSS y la banda de frecuencia ISM que opera en el rango de frecuencia de 2,4 GHz a 2,5 GHz. Sin embargo, bajo condiciones menos ideales, se utiliza una velocidad de transmisión menor, de 1 Mbps.

802.11 b

Fue aprobado en 1999, la principal mejora de IEEE 802.11 por IEEE 802.11b es la estandarización de la capa física para soportar velocidades de transmisión más altas. El estándar IEEE 802.11b admite dos velocidades adicionales, 5.5 Mbps y 11 Mbps, utilizando la banda de frecuencia de 2,4 GHz. Se utiliza el esquema de transmisión DSSS con el fin de proporcionar velocidades de transmisión más altas. La velocidad de 11 Mbps es alcanzable bajo condiciones ideales. Si no se cumplen las condiciones ideales, se utilizan las velocidades más lentas de 5,5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps.

Es importante señalar que 802.11b utiliza la misma banda de frecuencia que utilizan los hornos de microondas, teléfonos inalámbricos, monitores de bebés, cámaras de vídeo inalámbricas y los dispositivos Bluetooth [25], [26].

802.11g

El estándar IEEE 802.11g puede operar a una velocidad de hasta 54 Mbps, pero utiliza la banda de frecuencia de 2,4 GHz y OFDM. 802.11g también es compatible con 802.11b, y puede operar a las velocidades de bits 802.11b utilizando DSSS. Adaptadores de red inalámbrica 802.11g pueden conectarse a un punto de acceso inalámbrico 802.11b, y adaptadores de red inalámbrica 802.11b pueden conectarse a un punto de acceso inalámbrico 802.11g. Por lo tanto, 802.11g proporciona una ruta de migración para redes 802.11b a una

tecnología estándar compatible en frecuencia, pero con una velocidad de transmisión más alta. Los adaptadores existentes de red inalámbrica 802.11b no se pueden actualizar a 802.11g mediante una actualización del firmware del adaptador, deben ser reemplazados. A diferencia de la migración de 802.11b a 802.11a (en la que todos los adaptadores de red, tanto en los clientes inalámbricos como en los AP inalámbricos deben ser reemplazados al mismo tiempo), la migración de 802.11b a 802.11g se puede hacer de forma paulatina. Al igual que 802.11a, 802.11g utiliza 54 Mbps en condiciones ideales y las velocidades de 48 Mbps, 36 Mbps, 24 Mbps, 18 Mbps, 12 Mbps y 6 Mbps en condiciones menos ideales [25], [27].

802.11n

El estándar IEEE 802.11n tiene como objetivo mejorar la distancia (hasta 250 m) y con la velocidad máxima de datos de 600 Mbps en condiciones ideales añadiendo la tecnología de múltiple entrada múltiple salida y canales de 40 MHz, de mayor ancho de banda. Esta tecnología, denominada MIMO (*Multiple Input Multiple Output*), utiliza múltiples señales inalámbricas y antenas en el transmisor y el receptor. El estándar puede funcionar en las bandas de frecuencia de 2,4 GHz o 5 GHz [28], [29].

802.11ac

El estándar 802.11ac, una actualización de 802.11n, ofrece un alcance similar, pero aumenta la velocidad de transmisión. Funciona en la banda de 5 GHz e incorpora la tecnología de formación de haz, banda ancha y múltiples antenas para ofrecer velocidades de datos teóricas de hasta 1,3 Gbps, más del doble que las tasas de pico de 600 Mbps alcanzadas con el estándar 802.11n [30], [31].

802.11ax

El estándar IEEE 802.11ax fue lanzado a finales del año 2019, reemplaza tanto a IEEE 802.11n como a IEEE 802.11ac. Es la nueva enmienda de los estándares para las redes WLAN de alto rendimiento, alcanzando velocidades del orden de 10 Gbps, cuyo objetivo principal es mejorar el *throughput* por área en escenarios de alta densidad.

La variante 802.11ax habilita a las empresas y fabricantes que permitan nuevas aplicaciones dentro de la red WLAN, a la vez que ofrecen un mayor servicio a las antiguas aplicaciones,

preparando el sector hacia una mayor aceptación del Wi-Fi. La versión IEEE 802.11ax alcanza los siguientes beneficios al potenciar tres dimensiones diferentes [32]–[34]:

- Modulación más compacta con modulación de amplitud en cuadratura (*Quadrature Amplitude Modulation*, QAM) de 1024, habilitando una tasa de más del 35%.
- Programación con base en multiplexación por división de frecuencias ortogonales (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, OFDMA) permite disminuir la latencia y sobrecarga.
- Establecer señales robustas con una alta eficiencia para su operabilidad con indicación RSSI (Received Signal Strength - Indicator) significativamente menor.

En el Anexo II se encuentran las características generales del estándar en comparación con su predecesor 802.11ac.

1.3 Escalabilidad

La escalabilidad es el término usado en tecnología para referirse a la propiedad de aumentar la capacidad de trabajo o de tamaño de un sistema sin comprometer el funcionamiento y calidad normales del mismo. Cuando un sistema tiene esta propiedad, se le refiere comúnmente como “sistema escalable”. Hay dos tipos básicos de escalabilidad, en base al método que se usa para aumentar la capacidad de un sistema. La escalabilidad vertical, que se refiere a actualizaciones o modernización de componentes existentes y la escalabilidad horizontal, que se refiere a aumentar el número de componentes, para usar el mismo.

Una red escalable puede expandirse rápidamente para admitir nuevos usuarios y aplicaciones sin afectar el rendimiento del servicio enviado a los usuarios actuales. En la Figura 1.7 se muestra cómo puede agregarse una red nueva a una red existente con facilidad. Además, las redes son escalables porque los diseñadores siguen los estándares y protocolos aceptados. Esto permite que los proveedores de software y hardware se centren en mejorar los productos y servicios sin tener que preocuparse en la elaboración de un nuevo conjunto de reglas para poder funcionar en la red [35].

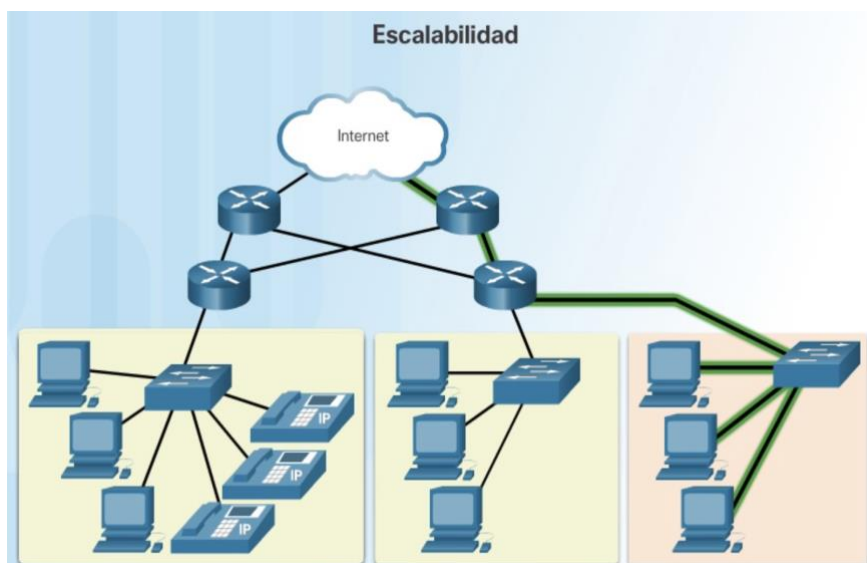


Figura 1.7. Red escalable [35].

En telecomunicaciones, la escalabilidad es la propiedad deseable en un sistema, red o proceso que indica su habilidad para poder hacerse más grande sin perder calidad en sus servicios. La escalabilidad de un sistema requiere un pensamiento cuidadoso desde el principio de su desarrollo. La red debe ser capaz de crecer, por lo que es importante diseñar para poder realizar futuros cambios a la red inicial. En estos últimos años, la FIE está creciendo exponencialmente de estudiantes y profesores, por lo que se pretende diseñar una red con un alto potencial de crecimiento.

1.4 Seguridad de WLAN

Las redes inalámbricas en general no son tan seguras como las redes cableadas. Las redes cableadas, desde un punto de vista muy simple, envían datos entre dos puntos, A y B, que están conectados por un cable de red. Sin embargo, las redes inalámbricas transmiten los datos en todas las direcciones a cualquier dispositivo que pueda estar escuchando, dentro de un rango limitado. Una red cableada puede ser protegida en sus extremos, por ejemplo, restringiendo el acceso físico e instalando cortafuegos. Una red inalámbrica con las mismas medidas sigue siendo vulnerable a escuchas. Por lo tanto, las redes inalámbricas requieren un esfuerzo más centrado para mantener la seguridad [23], [36]. El estándar 802.11 ofrece dos métodos de autenticación:

- OSA (*Open System Authentication*): Autenticación de Sistema Abierto (Figura 1.8). Es un mecanismo que consiste en autenticar todas las peticiones de los usuarios. El mismo consta de dos pasos; el primero consiste en que la estación que quiere autenticarse con otra o con el AP, le envía una trama que contiene la identidad (SSID *Service Set Identifier*) de estación emisora. El segundo paso, la otra estación (receptora) o el AP envía a la estación emisora otra trama que indica si se reconoció o no la identidad proporcionada por ella. Tiene como inconveniente que no realiza ninguna comprobación y, además, todas las tramas de gestión son enviadas sin ningún tipo de encriptación [37], [38].

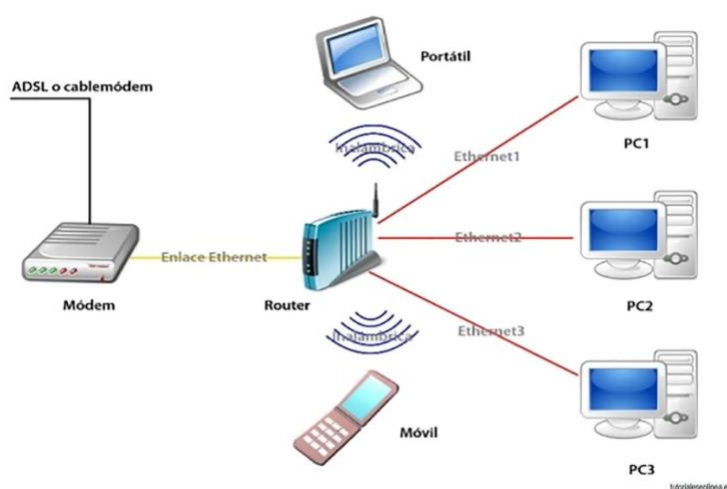


Figura 1.8. Autenticación de Sistema Abierto [39].

- SKA (*Shared Key Authentication*): Autenticación de Clave Compartida es un mecanismo basado en que cada estación debe poseer una clave compartida, la cual es recibida a través de un canal seguro e independiente de la red 802.11; por lo que cada estación que posea una clave va a poder autenticarse con otra por medio de un secreto compartido, el algoritmo de encriptación utilizado en este mecanismo es WEP [40], [41].

1.4.1 Confidencialidad y Encriptación

La confidencialidad (impidiendo el acceso no autorizado a los contenidos de un mensaje) se logra mediante la protección del contenido de los datos con el cifrado. El cifrado es opcional

en las WLAN, pero sin él, cualquier dispositivo compatible con el estándar dentro del alcance de la red puede leer todo su tráfico.

Principalmente ha habido tres métodos de encriptación para hacer seguras las redes WLAN. Desde finales de 1990, los algoritmos de seguridad Wi-Fi han sufrido múltiples actualizaciones con una pura y simple depreciación de los algoritmos más antiguos y una sustancial revisión de los algoritmos más recientes. En orden cronológico de aparición, estos son:

➤ WEP

El protocolo WEP es un sistema de encriptación estándar propuesto por el comité 802.11, implementada en la capa MAC y soportada por la mayoría de los vendedores de soluciones inalámbricas. WEP puede ser utilizado tanto para autenticación como para encriptación. Generalmente, la autenticación se utiliza para protegerse contra accesos no autorizados a la red, mientras que la encriptación se usa para evitar que de una señal capturada se puedan obtener los datos en ella contenidos [42], [43].

➤ WPA

Este estándar busca subsanar los problemas de WEP y se considera suficientemente seguro. El mismo se distingue por tener una distribución dinámica de claves, utilización más robusta del vector de inicialización y nuevas técnicas de integridad y autenticación (Figura 1.9).

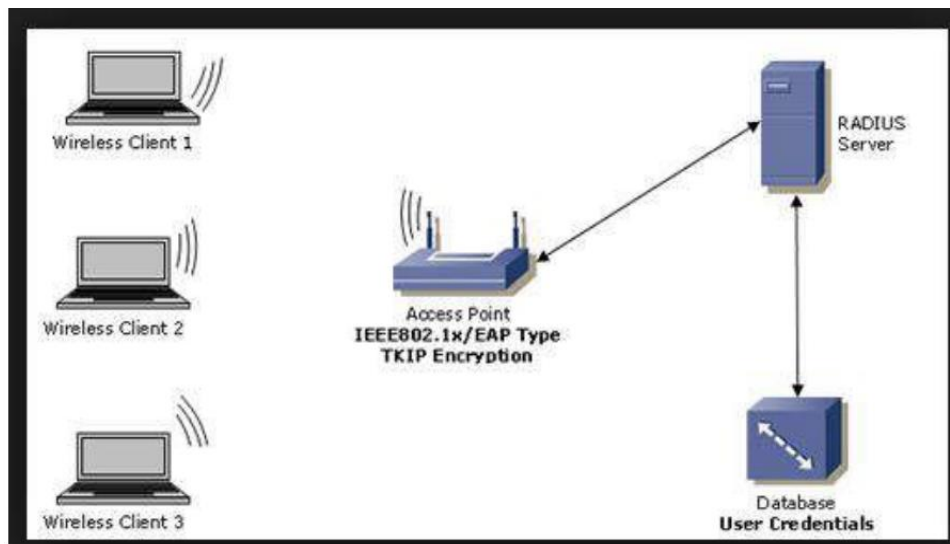


Figura 1.9. Funcionamiento del protocolo WPA [44].

En WPA presenta mejoras respecto a WEP:

1. IEEE 802.1X, que es un estándar del IEEE que proporciona control de acceso en redes basadas en puertos.
2. EAP (*Extensible Authentication Protocol*): Definido en el RFC 2284 como el protocolo de autenticación extensible, el cual tiene como propósito llevar a cabo las tareas de autenticación, autorización y contabilidad.
3. TKIP (*Temporal Key Integrity Protocol*): Según indica WiFi, este es el protocolo encargado de la generación de la clave para cada trama.
4. MIC (*Message Integrity Code*): Código que verifica la integridad de los datos de las tramas [42], [43].

➤ WPA2

A partir de 2006, WPA fue sustituido oficialmente por WPA2. Uno de los cambios más significativos entre WPA y WPA2 fue el uso obligatorio de los algoritmos AES (*Advanced Encryption Standard*) y la introducción de CCMP (*Counter Cipher Mode with Block Chaining Message Authentication Code Protocol*) como un reemplazo de TKIP (aún se conserva en WPA2 como un sistema de reserva y para interoperabilidad con WPA) [42], [43].

1.5 *Power over Ethernet (PoE)*

Actualmente en el mercado de las redes de área local existe una cantidad notable de dispositivos que “reparten” voltajes además de bits. Muchos de ellos no son más que la aplicación directa del estándar IEEE 802.3af, el cual sugiere un esquema de alimentación eléctrica más atractivo y eficiente que el típico adaptador/transformador de corriente que “cuelga” de nuestro aparato. Es la llamada tecnología *Power-over Ethernet* (PoE), cuya traducción al castellano es “Potencia a través de Ethernet”, y hace referencia al aporte de energía eléctrica, además de datos, a través de un cable Ethernet tradicional.

PoE es una aplicación muy común en las WLANs, porque es una tecnología revolucionaria que permite a los teléfonos IP AP LAN inalámbricos, cámaras de red de seguridad y otros terminales basados en IP reciban energía en paralelo a los datos, a través de la infraestructura Ethernet CAT-5 (o CAT-3) existente sin necesidad de realizar ningunas modificaciones en

ella. PoE integra datos y alimentación en los mismos cables, mantiene el cableado estructurado seguro y no interfiere con el funcionamiento simultáneo de la red [19]. En la Figura 1.10 ilustra una instalación PoE típica.

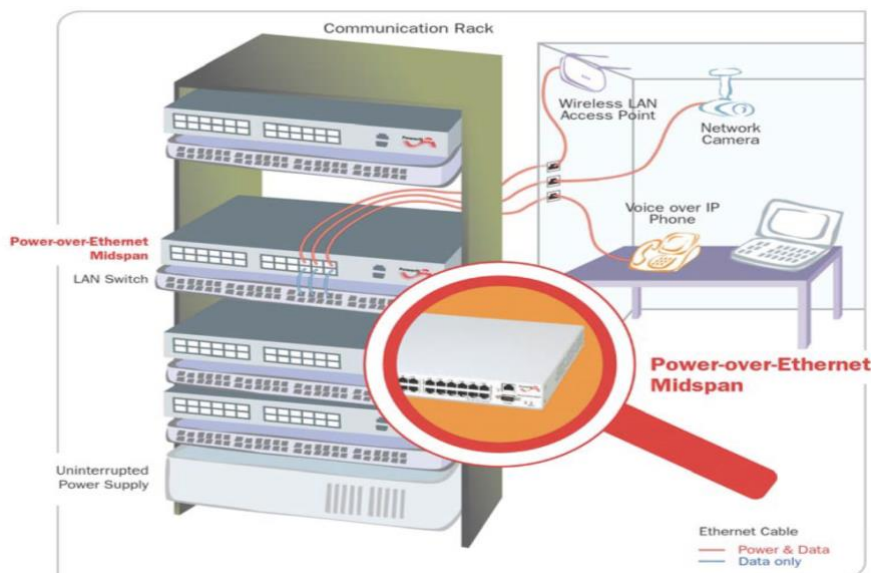


Figura 1.10. Instalación típica de PoE [19].

La norma IEEE 802.3af, también denominada Alimentación de Equipos Terminales de Datos (DTE) a través de la Interfaz Dependiente del Medio (MDI), es la primera norma internacional que define la transmisión de energía a través de la infraestructura Ethernet de Ethernet. La norma fue ratificada en junio de 2003.

1.5.1 Arquitectura física de un sistema PoE 802.3af

Según el estándar 802.3af, un sistema PoE está compuesto principalmente por dos tipos de dispositivos: un PSE y un PD. El PSE puede ser un Endspan (Ethernet Conmutador L2 que soporta PoE) o un Midspan (PoE hub). El PD es un terminal habilitado para PoE, como un teléfono IP, punto de acceso de LAN inalámbrica, etc [19], [45].

- PD (*Powered Device*): Son los dispositivos de red que son tele-alimentados por el PSE. IEEE 802.3af especifica una potencia máxima recibida de 12.95W por cada PD, pérdidas incluidas. Se pueden distinguir dos clases de PD:
- PDs no compatibles con PoE: evidentemente no están definidos por la norma, pero sí que ésta hace mención de ellos. Al no ser compatibles, estos PDs necesitan un tap,

splitter o derivador que separe la corriente continua (del inglés *Direct Current*, o en español CC) de la transmisión de datos, y se la inyecte al dispositivo a través del tradicional conector jack de potencia.

- PDs compatibles con PoE: reciben la potencia eléctrica directamente del conector RJ45 sin necesidad de un splitter. Que sean compatibles con PoE no significa que lo sean con la norma. Habrá dispositivos compatibles con PoE 802.3af, y habrá dispositivos compatibles con PoE de otra solución no estandarizada, incluso de ambas.
- PSE (*Power Sourcing Equipment*): Es el equipo principal encargado de suministrar potencia eléctrica al resto de dispositivos de red o PDs. El PSE inyecta CC en 2 de los 4 pares del RJ45. En concreto, el estándar establece un voltaje de 48V DC, con una intensidad máxima de 400mA, para una carga máxima de potencia de 15.4W por cada puerto. Es el cerebro del sistema, ya que es el que detecta, clasifica y controla la potencia eléctrica suministrada. El estándar diferencia a su vez dos tipos de PSEs:
- Endpoint: Es un PSE que combina la función de generar corriente eléctrica para tele alimentar a los PD, con la función de DTE (Data Terminal End) conmutador o hub. Generalizando se puede argumentar que se trata de un conmutador que incluye en su interior la circuitería necesaria para poder implementar Power-over-Ethernet. En el mercado se encuentra con la denominación de PoE conmutador, ver Figura 1.11.

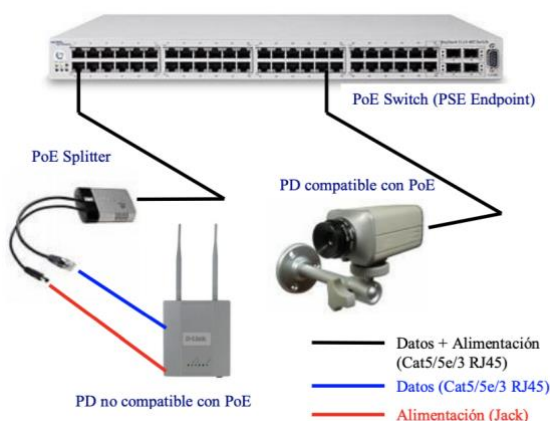


Figura 1.11 Ejemplo de sistema PoE con un PSE Endpoint [19].

- Midspan: Es un PSE que sólo tiene la función de alimentación. Es decir, un inyector de potencia que se sitúa entre el conmutador Ethernet tradicional y el PD [19].

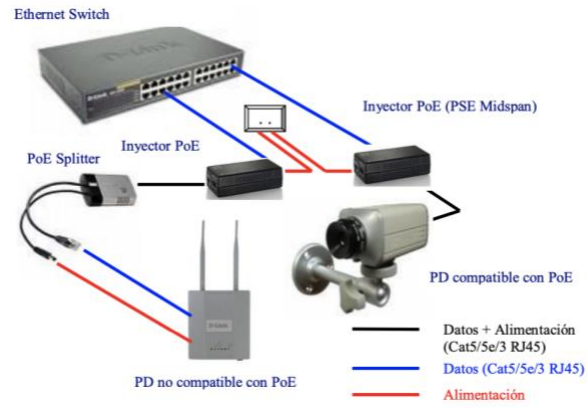


Figura 1.12 Ejemplo de sistema PoE con PSE Midspan [19].

1.6 Aplicaciones de las redes LAN y WLAN

En la actualidad han encontrado una gran variedad de escenarios de aplicación, tanto en el ámbito residencial como en entornos públicos y privados. Las redes LAN abarcan tanto redes alambradas como inalámbricas. Entre los más comunes están:

Escenario residencial: una línea telefónica terminada en un enrutador ADSL, al cual se conecta un AP para formar una red WLAN, ofrece cobertura a varios dispositivos en el hogar. A partir de esta red y su correspondiente conexión a Internet, posibilita la interacción con cualquier dispositivo del hogar desde el exterior.

Este escenario es el más importante, ya que es el que prima en los hogares. Permite encender calderas, dispositivos de limpieza, etc. desde el exterior de la vivienda y a cualquier hora del día, optimizando así consumos y aprovechando tarifas nocturnas, por ejemplo, que reduce los costes internos [46].

Redes corporativas: una serie de AP distribuidos en varias áreas de la empresa conforman una red WLAN autónoma o complementan a una LAN cableada. Son aplicaciones de alta densidad de tráfico con altas exigencias de seguridad. No se puede olvidar que la domótica ya no se limita a los hogares o viviendas residenciales: su mercado se ha ampliado a zonas de trabajo. En estas áreas es donde transcurre gran parte del tiempo.

Acceso público a Internet: la posibilidad de disponer de una conexión que permita el acceso a Internet desde cafeterías, tienda. En estos establecimientos se ofrece a los clientes una tarjeta inalámbrica (NIC) que permite el acceso a internet desde sus propios portátiles. Es un escenario de acceso que involucra un bajo número de AP, parecido al residencial, pero que necesita mayores funcionalidades en el núcleo de red (AAA, *billing*, etc.).

Redes libres en campus universitarios (CAN): comprende una red LAN alambrada y WLAN proporcionando acceso público de banda ancha de manera gratuita. Necesita múltiples AP para garantizar la cobertura en toda su área [46].

1.7 Consideraciones finales del capítulo 1

En este capítulo se realizó una descripción de los estándares 802.3u, z, ae, af y 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac 802.11ax, siendo el 802.11n es de gran importancia en este trabajo ya que es el estándar que trabaja los nuevos AP. También se hizo un análisis de PoE y se aborda el tema de la seguridad y aplicaciones de las redes WLAN.

Capítulo 2 DISEÑO DE LA RED WLAN.

En este capítulo se aborda el tema de metodología para el diseño de redes, así como sus principales parámetros, necesidades y objetivos, analizar los objetivos técnicos y sus limitaciones, caracterizar la interconexión de la red existente, aplicaciones de la red FIE.

2.1 Metodología para el diseño de redes

Para que una LAN sea efectiva y satisfaga las necesidades de los usuarios, se la debe diseñar e implementar de acuerdo con una serie planificada de pasos sistemáticos. En la Figura 2.1 se describen los siguientes pasos.

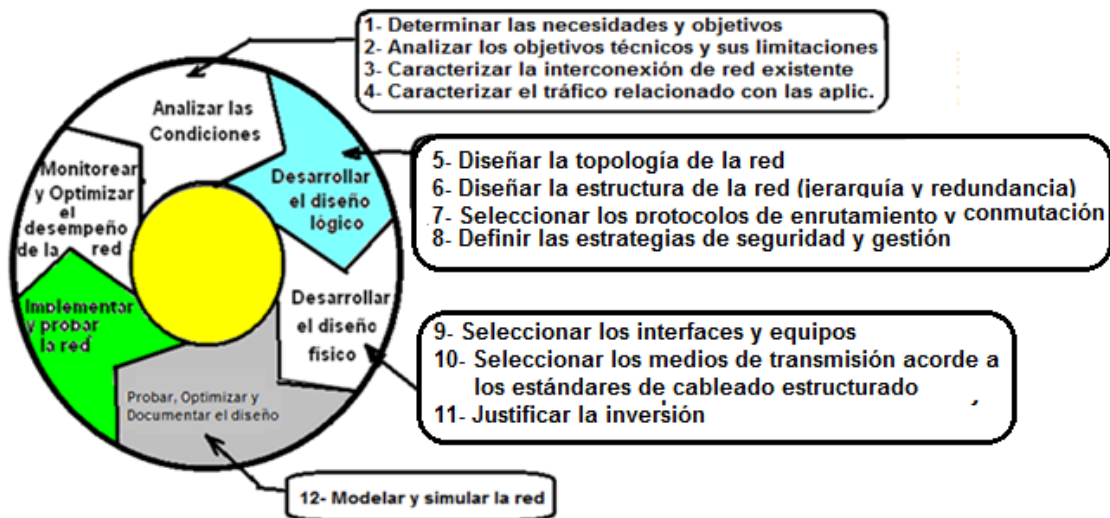


Figura 2.1. Pasos para el diseño e implementación de una red [27].

Para la propuesta de la nueva red de la FIE, solo se ejecutan algunas pautas antes mencionadas, ya que es una actualización de la red y no una red nueva.

2.2 Necesidades y objetivos

Actualmente, la Facultad de Ingeniería Eléctrica cuenta con una infraestructura básica en términos de calidad de las redes, lo cual se evidencia en el deterioro y falta de AP inalámbricos que se pudo observar a la hora de levantar la información en cada uno de los pisos. La fase de diagnóstico reporta que se cumplen algunas normas respecto a las exigencias actuales en materia de redes libres en campus universitarios, pero el deterioro y existencia de pocos recursos inalámbricos hacen que el sistema tenga un funcionamiento inadecuado para las necesidades de los usuarios de momento. Actualmente FIE posee un diseño de red que

muestra la opción de generar cambios que mejoren de manera importante el funcionamiento de la red y la calidad de servicio.

El edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica está conformado por 4 pisos y un total de 51 locales los que se pueden observar en la Figuras (Figura 2.2, Figura 2.3, Figura 2.4, Figura 2.5). La red cuenta con 329 PCs, 20 *Conmutadores* L2, 2 enrutadores L3, 1 hub, 3 *transceivers* y 3 AP. Las computadoras poseen microprocesadores desde Celeron, Pentium 4, Dual Core y Core i3, Core i5 con capacidad de disco duro desde 40 GByte hasta 1 Tbyte y memoria RAM entre 256 Mbyte y 2 Gbyte. Las tarjetas de red en la mayoría de las máquinas son de 10/100/1000 Mbps y los sistemas operativos instalados en estas máquinas son, Windows XP, Windows 7, Windows 8, Windows 10 y Ubuntu (Linux).

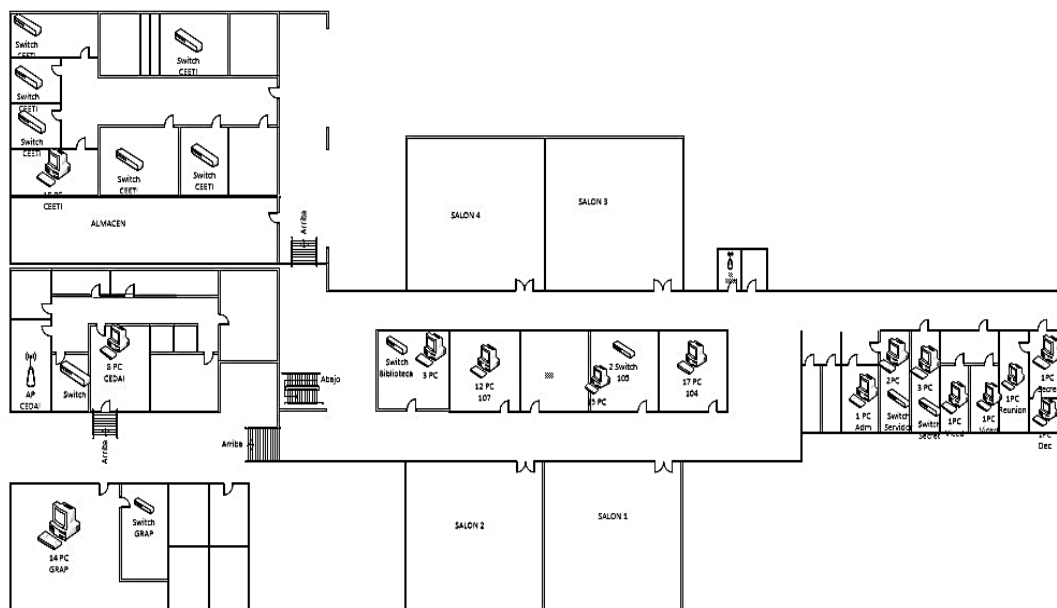


Figura 2.2. Distribución física del primer piso.

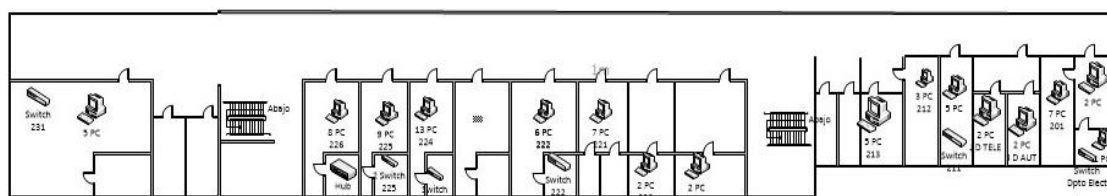


Figura 2.3. Distribución física del segundo piso.

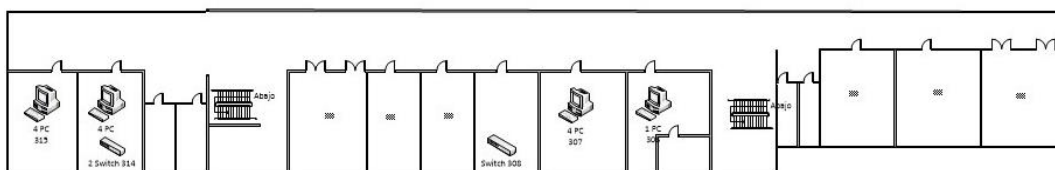


Figura 2.4. Distribución física del tercer piso.

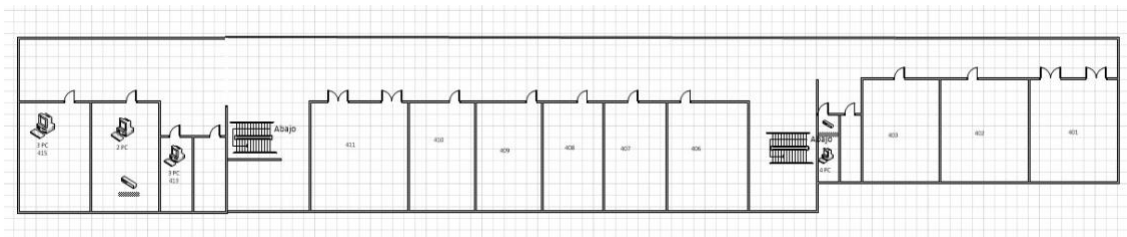


Figura 2.5. Distribución física del cuarto piso.

Los usuarios de la facultad de Ingeniería Eléctrica pueden ser agrupados de 3 formas principales:

Estudiantes: La Facultad de Ingeniería Eléctrica cuenta con 945 estudiantes los cuales pueden acceder a los laboratorios 104, 105, 107 y a la biblioteca localizados en el primer piso a los laboratorios 222, 224, 225 y 226 ubicados en el segundo piso, así como hacer uso de la red inalámbrica proporcionada el AP localizado en el lobby de la facultad. Pueden realizar actividades docentes, investigativas, el uso del correo electrónico y acceso a internet de manera general.

Profesores: La Facultad de Ingeniería Eléctrica cuenta con profesores ubicados en locales distribuidos en los 4 pisos de la facultad en dependencia de la especialidad y la asignatura que imparten. Su acceso a la red es debido principalmente al acceso a los servidores que contienen la información de las asignaturas, a las bases de datos, al uso del correo electrónico y la navegación en internet.

Personal de Servicio: La Facultad de Ingeniería Eléctrica cuenta con personal de servicio los cuales solo poseen acceso a la red la secretaria docente, las secretarias del decano, Automática, Telecomunicaciones y Electroenergética, así como técnicos de laboratorio u otro personal como de administración los cuales cuentan con servicios restringidos. Distribución del equipamiento por piso.

Los profesores, los estudiantes y personal de servicio necesitan acceder a la red inalámbrica dentro de la facultad. Debido a que la facultad solo cuenta con redes inalámbricas en el primer piso la cual no es suficiente para toda la demanda de usuarios.

El objetivo de la nueva red es optimizar la red actual y hacerla más eficiente, se debe hacer el uso de la red inalámbrica en varios puntos de la facultad con la finalidad de los usuarios acceder a la red.

2.3 Objetivos técnicos y limitaciones de la red

Se hizo un análisis de la red actual, donde se comprueba el estado de la misma. Se realizó una recopilación de información que ayudó a construir una mirada crítica sobre el diseño y estado de los dispositivos que se encuentran en ese momento trabajando. Al realizar el análisis se deduce que los AP y los conmutadores no cumplen con el estándar IEEE 802.3af, lo cual no permite el uso de los nuevo AP que soportan ese estándar.

El proyecto que se acomete es escalable ya que se pueden agregar con facilidad nuevos AP, en diversos lugares de alta concentración de personas. Técnicamente el principal objetivo del proyecto es modificar la red inalámbrica de la facultad con la inserción de nuevos AP, garantizando una mayor cobertura del servicio inalámbrico de la red UCLV.

Actualmente la red inalámbrica de la FIE tiene limitaciones marcadas. A partir de la cantidad de usuarios que ya ha sido expuesta, es evidente la deficiencia para garantizar un acceso concurrente a la red inalámbrica. También la ubicación de los AP es una limitación objetiva, ya que solo se brinda servicio en determinadas áreas.

2.4 Interconexión de red existente

La Facultad de Ingeniería Eléctrica está conectada al nodo central a través de un cable de fibra óptica soterrado que se conecta al conmutador principal de la facultad y este a su vez es el encargado de brindar servicios a los 4 pisos de la facultad como se aprecia en la Figura 2.6. En el primer piso a la parte izquierda de la facultad están conectados laboratorios de estudiante 104, 105, 107 mediante 2 Conmutadores capa 2 *Allied Telesyn AT-5550SP Fast Ethernet* de 48 puertos + 2 *Patch Panels*, ellos esta conectados al nodo de la facultad mediante fibra óptica que recorre el balcón del segundo piso. Después le sigue la Biblioteca que está conectada por cable de cobre al segundo piso a un *Tplink LT-SG2216* de 16 puertos de cobres y 2 puertos de fibra óptica en el laboratorio 225. Más adelante el laboratorio

experimental de Robótica o 177 los cuales están conectados por fibra óptica también hasta el nodo de la facultad ellos poseen un Conmutador *Lynksys SR_2024* Gigabit Ethernet de 24 puertos. Al frente conectado también al nodo por fibra óptica al CEDAI con un 1 Conmutador Capa3 *Planet XGS3-24042* Gigabit de 24 puertos. Detrás de este último local CEETI que pertenece a MFC, pero está dentro del edificio de la FIE el cual está conectado por fibra óptica también al Capa3 del nodo de la facultad, la fibra está conectada mediante 1 *Transciever*, Conmutador *Planet FSD1601* de 16 puertos, 1 Conmutador TP-Link TL-SG1016 Gigabit Ethernet de 16 puertos, 3 Conmutador TP-Link TL-SF10-16D Fast Ethernet de 16 puertos todos de cobre.

La parte derecha de la planta baja de la facultad donde está el decanato, el nodo central de la red y las oficinas de las secretarías docente y las administradoras de la facultad las cuales están conectadas por cable de cobre que sale del Conmutador del X900 del nodo central hacia 1 Conmutador Edge-Core EB3024B Capa 2 *Fast Ethernet* de 24 puertos que se encarga de conectar todo el primer piso a la derecha de la facultad, por último en el centro de la facultad en el primer piso el bedel donde hay 1 AP TP-Link N600 de red inalámbrica que está conectado al capa 3 de la facultad mediante cobre.

En el segundo piso empezando por la derecha de la facultad se encuentran locales de profesores como 211, 212, 213, secretarías del departamento de telecomunicaciones y de automática y el 201 de los profesores de eléctrica. Los profesores del 211, 212, 213 y secretarías están conectadas al Conmutador *Allied Telesis AT-FS724I* *Fast Ethernet* de 24 puertos que se encuentra en el 211 y a la vez este conmutador está conectado 1-Transciever que conecta este con la fibra óptica que sale del nodo hasta ese local, el local 201 está conectado también mediante fibra óptica con un TP-Link TL-SL2428Web de 24 puertos + 4G Gigabit Ethernet, la cual se desplaza por todo el alero del segundo piso hasta el capa3 X900 de la facultad. En la parte izquierda del segundo piso de la facultad se encuentran locales de profesores como: 219, 220, 221, 222, Laboratorio 224, Laboratorio 225, Laboratorio 226, Laboratorio M.T.A 231. Los locales 219, 220, 221, 222 están conectados a 1- Conmutador de 24 puertos + 4 Gigabit Web Smart el cual está conectado por fibra hasta el X900, el laboratorio 224 está conectado también mediante fibra con un 1 Conmutador allied Telesis AT8524AM Fast Ethernet de 24 puertos + Patch Panel el cual da servicio a ese laboratorio, laboratorio 225 conectado también mediante fibra óptica con 1 Conmutador *Allied Telesis*

AT8000S Fast Ethernet de 24 puertos + Patch Panel(no está en uso) -1 Conmutador Corega FSW-24^a Fast Ethernet de 24 puertos + Patch Panel (ninguno está en uso), esos 2 conmutadores le dan servicio tanto al propio 225 como al 226 y a la biblioteca del primer piso. El laboratorio 231 tiene -1 Conmutador Planet *switch-801* Fast Ethernet de 8 puertos el cual está conectado por cobre hasta el *switch* del CEDAI.

En el tercer piso a la izquierda 2 locales de profesores 314 y 315. El local 314 tiene -2 Conmutadores *NetGear* FS105 *Fast Ethernet* de 5 puertos los cuales están conectados por cable de cobre al conmutador del 414 en el cuarto piso el Conmutador TP-Link TL-SL2428 4Gbit de 24 puertos + *Patch panel*, el cual está conectado al nodo de la facultad mediante fibra óptica. Este conmutador también da servicio a los locales 413, 415 mediante cables de cobre. En la parte central de la facultad al 3er piso al centro existen 3 laboratorios 306, 307 y 308 los cuales están conectados por 1 Conmutador *Allied Telesis* AT-FS716L *Fast Ethernet* de 16 puertos el cual está conectado al Conmutador de 24 puertos + 4 Gigabit Web Smart del segundo piso en el local 222. En la parte derecha del 3er piso solo hay aulas,

En el cuarto piso están ubicados los locales 405 que está conectado por 1 *Transciever*, 1 Conmutador *Aopen* AOW-216UP de 16 puertos, este *transciever* está conectado a la fibra óptica directo al conmutador L3 centrar de la facultad.

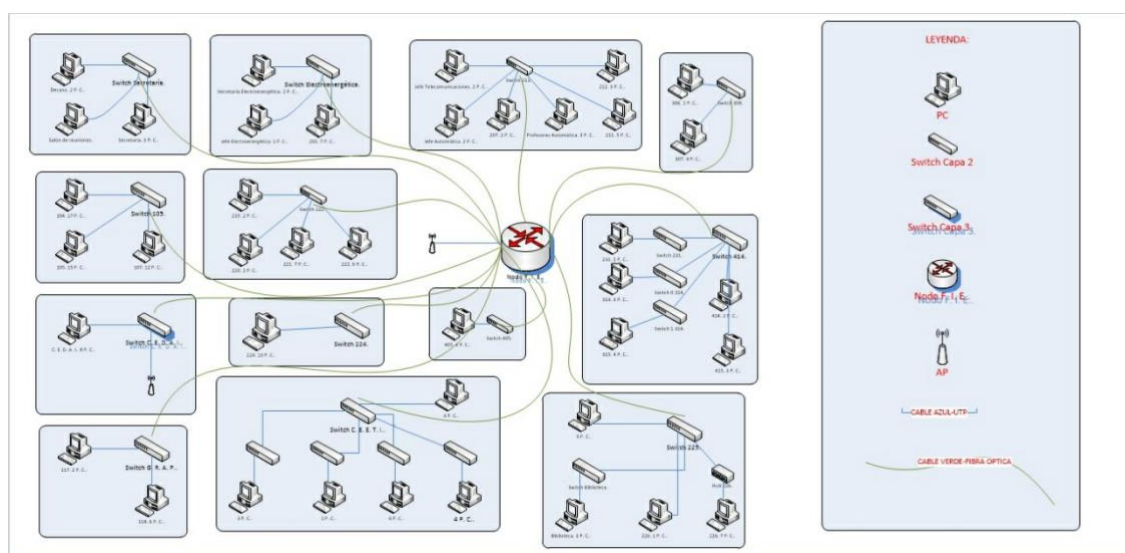


Figura 2.6. Esquema lógico de la red de la FIE.

Equipamiento existente en la Facultad:

- 1-Switch L3 de 24 puertos

- 1-Switch L2 de 48 puertos
- En el CEETI y en el CEDAI hay *switch* L2 que reciben la conexión por fibra óptica.
- Laboratorios 204, 105, 106 con fibra óptica.
- Local 405 un *switch* por fibra óptica.
- Local 415 un *switch* por fibra óptica.

La topología física de la red alamburada UCLV inicialmente tuvo topología de estrella con fibra óptica multimodo (62.5/125µm y 50/125µm) con centro ubicado en el local conocido como “La Puerta”. Allí quedan conectadas las 16 áreas fundamentales de la parte central del campus universitario. Con posterioridad se modifica hacia una topología de doble anillo con fibra monomodo (9/125 µm) (más actual), donde todas las áreas tienen un par de fibras enlazadas con La Puerta, lo cual permite la redundancia de todos los enlaces. El conmutador (switch) central de fibra óptica de 24 puertos conecta todo el *backbone* de la red a 1 Gbps, interconectando a la totalidad de las facultades y centros de investigación del campus universitario.

Series de AP que existe en la Facultad TPLink:

- *Enrutador* TPLink: TL-WDR3600, TL-WR1043ND.
- Cantidad de AP: 3

2.5 Aplicaciones de la red FIE

La red de la facultad soporta a las siguientes aplicaciones y servicios:

- FTP: protocolo de transferencia de archivos mediante el cual se transfieren archivos existentes en un servidor que contiene almacenada información disponible a los usuarios.
- Correo electrónico (E-Mail): los estudiantes, profesores y personal de servicio hacen un uso amplio del correo electrónico, porque ese servicio les permite a los usuarios enviar y recibir mensajes electrónicos incluyendo texto imágenes videos y archivos anexos.
- Salones de conversación (Chat): son salas virtuales donde los usuarios se conectan entre sí para comunicarse en tiempo real.

- Videoconferencias: Por esta opción se puede visualizar y escuchar conferencias en tiempo real, brindando la posibilidad de distribuir el conocimiento del tema impartido a gran número de personas distribuidas geográficamente distantes.
- Streaming de audio y video: en sitios tales como YouTube, es posible encontrar millones de videos accesibles en forma gratuita. En la UCLV existe un sitio de Streaming de video con materiales educativos y de esparcimiento.
- Navegación web: Permite acceder a los portales web con contenido cubano e internacional. Los estudiantes y profesores de la facultad realizan un amplio uso de este servicio en la búsqueda de información científica y técnica, que complementa el proceso de enseñanza y aprendizaje [47].

2.6 Equipamiento de Cisco

Cisco Systems es una empresa global, principalmente dedicada a la fabricación, venta, mantenimiento y consultoría de equipos de telecomunicaciones.

2.6.1 Cisco Aironet 1140 Series Access Point

El punto de acceso Cisco Aironet serie 1140 como el de la Figura 2.7 es un punto de acceso 802.11n preparado para la empresa y diseñado para un despliegue sencillo y una eficiencia energética. La plataforma de alto rendimiento, que ofrece al menos seis veces el rendimiento de las redes 802.11a/g existentes, prepara a las empresas para la próxima ola de dispositivos y aplicaciones móviles. Basándose en la herencia de excelencia en RF de *Cisco Aironet*, la serie 1140 combina la tecnología 802.11a/g tecnología 802.11n más extendida del sector con un diseño industrial que se integra perfectamente en cualquier entorno empresarial. Diseñada para ser sostenible, la serie 1140 ofrece un alto rendimiento de la alimentación a través del estándar Ethernet 802.3af, a la vez que reduce los residuos con paquetes ecológicos de varias unidades y fuentes de alimentación con certificación *Energy Star*. Como parte de la red inalámbrica unificada de Cisco, la serie 1140 ofrece el coste total de propiedad más bajo del sector y protección de la inversión al integrándose a la perfección con la red existente [48].

La red inalámbrica unificada de Cisco con tecnología *M-Drive* elimina el misterio asociado con el diseño, la implementación y la optimización de redes inalámbricas empresariales. Con *Cisco M-Drive* tecnología, TI (tecnología de la información) tiene las herramientas necesarias para construir y operar un alto red inalámbrica de alto rendimiento sin la necesidad

de una amplia RF (Radiofrecuencia) habilidades de ingeniería. La tecnología Cisco *M-Drive* es un enfoque de todo el sistema que gestiona el espectro de RF corporativo, mejora la cobertura inalámbrica, y aumenta la capacidad y el rendimiento del sistema. Las características incluyen:

- Gestión de recursos de radio (RRM): la auto-reparación automatizada optimiza la imprevisibilidad de RF para reducir puntos muertos y ayudar a garantizar conexiones de cliente de alta disponibilidad. RRM optimiza la capacidad de la red y mitiga la interferencia al monitorear y ajustar continuamente la potencia del punto de acceso y la configuración del canal y luego equilibrar la carga de los clientes para mejorar la cobertura inalámbrica.
- CleanAir1 tecnología: solo Cisco ofrece una solución integral para detectar, clasificar, ubicar y mitigar fuentes de interferencia, incluidas fuentes no Wi-Fi como Bluetooth, hornos microondas, teléfonos inalámbricos, y más. Con la capacidad de visualizar las interferencias que afectan el rendimiento directamente desde el control inalámbrico (WCS, *Web Coverage Service*), puede gestionar de forma proactiva los desafíos de un espectro inalámbrico compartido y optimizar rendimiento de la red [48].

Responsabilidad Ambiental

La serie Cisco Aironet 1140 ofrece rendimiento 802.11n con alimentación por Ethernet (PoE) 802.3af estándar. Con solo 12,95 watts de potencia, la Serie 1140 es la única plataforma que combina la potencia de 802.11n de radio dual con la eficiencia de PoE estándar. Además, la serie 1140 está diseñada para funcionar de manera más eficiente durante las horas pico. Para una preparación e instalación más rápidas, puede solicitar la serie 1140 en paquetes ecológicos de unidades múltiples, que ofrecen 10 unidades unificadas o 5 unidades. AP independientes en una única caja de cartón fácil de abrir. Los paquetes ecológicos reducen el embalaje del producto en un 50 por ciento, preservar los recursos naturales y reducir las emisiones. Eliminando componentes innecesarios y ofreciendo tecnología digital en lugar de documentación en papel, los paquetes ecológicos de la serie 1140 salvarán más de 2200 árboles por año, lo que equivale a la cantidad de energía necesaria para calentar más de 65 hogares durante todo un año.



Figura 2.7. Punto de acceso Cisco Aironet 1140 [48].

2.6.2 ProCurve Conmutador serie 2610

La serie ProCurve Conmutador 2610 está formada por 5 conmutadores el 2610-24 y el 2610-48 ofrecen 24 y 48 puertos de conectividad 10/100 como se observa en la Figura 2.8. El 2610-24 carece de ventilador, lo cual garantiza un funcionamiento silencioso que lo hace perfecto para una instalación en espacios abiertos. Los conmutadores 2610-24/12PWR, 2610-24-PWR y 2610-48-PWR cumplen la norma IEEE 802.3af sobre Power over Ethernet (PoE) y proporcionan hasta 15,4 W para 12, 24 y 48 puertos respectivamente. El 2610-24/12PWR tiene 24 puertos 10/100 y dispone de 12 puertos con PoE. Todos los conmutadores incluyen 4 puertos Gigabit (dos puertos 10/100/1000Base-T y dos ranuras para mini-GBIC opcionales, todos ellos activos, para conectividad de enlaces *uplink* Gigabit. También se ofrece como accesorio una fuente redundante externa opcional. Con *routing* estático de serie, funcionalidades avanzadas de seguridad y gestión, garantía de por vida y actualizaciones de *software* gratuitas, la serie 2610 es la solución ideal para el acceso de usuarios en redes de clientes que necesitan una solución moderna de convergencia [49].

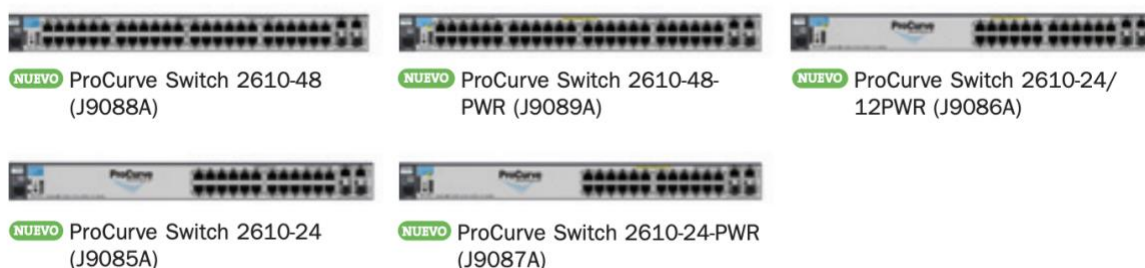


Figura 2.8. Serie 2610 de ProCurve Conmutador de Cisco [49].

2.7 Consideraciones finales

En este capítulo fue abordado lo referido al diagnóstico de la red inalámbrica de la facultad, haciendo énfasis en las necesidades de los usuarios que conllevan a una reestructuración de la red. Además, se caracterizó el equipamiento actual y las interconexiones existentes. Se describe, también, el nuevo equipamiento propuesto.

Capítulo 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se declara la estructura física y lógica de red inalámbrica propuesta, dejando en evidencia la ubicación física de cada dispositivo. Se realiza un estudio de cobertura en el área docente de la facultad y se realiza una simulación sencilla de la red propuesta.

3.1 Estructura de la red propuesta

La red de Facultad de Ingeniería Eléctrica, a partir de esa actualización de la red va a contar con nuevo equipamiento que se describe a continuación:

- Hay disponibles dos conmutadores de la marca ProCurve Conmutador 2610-48-PWR J9089A con PoE (potencia sobre Ethernet) disponibles para los 15 AP (Access points de la serie 1140) de la marca AIR-LAP1142N-E-K9. Los dos conmutadores son de 24 puertos y estarán ubicados en el cuarto piso en los locales 405 y 413.
- Hay disponibles 15 AP de la serie 1140 de la marca AIR-LAP1142N-E-K9 que serán implementados en el diseño de la nueva red. Según el plano trazado se usarán 12 AP de la serie 1140 de los 15 disponibles y los 3 se dejan reservados para que sean usados en caso que se rompa alguno de ellos.

Para los cables de todos los pisos se distribuye el cableado a través de los patinejos que se encuentran en las zonas cercanas de las escaleras en el interior del edificio de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, de esta forma se necesita un total de 45 metros de tubo plástico como bajante de los cables por los patinejos, para ambas acometidas, desde el cuarto piso hasta el primer piso para los dos conmutadores.

Distribución de los AP por cada piso:

Para la distribución de los AP se tuvo en cuenta los lugares con mayor concurrencia de personas. También, se tiene en cuenta que las paredes, tuberías de agua, planchas metálicas y emisores de frecuencias similares en la conexión de estos dispositivos. Por lo que es importante tener en cuenta estos elementos a la hora de situarlos. La Tabla 3.1 muestra los locales por pisos la ubicación de cada AP.

Tabla 3.1 Ubicación de los AP

AP				
Fabricante	Modelo	Unidades	Pisos	Ubicación
Cisco	AIR-LAP1142N-E-K9	2	Planta Baja	CEDAI
		3	Primer piso	1 en el local 112 y 2 en Bedel
		2	Segundo piso	Local 212 y 231
		2	Tercer piso	Local 314 y 306
		3	Cuarto piso	Local 405, 406 y 413

Para este proyecto se necesita un total de 282 metros de cables UTP de cobre categoría 5e. Y un total de 142 metros de canaletas o tuberías distribuidos por los cuatro pisos.

3.2 Diagrama de conexiones lógicas de la red propuesta

La topología de la red actual es tipo estrella, lo cual se mantiene para la ampliación de la red inalámbrica. En este tipo de arquitectura las computadoras se conectan individualmente a un dispositivo central, quien se encarga de recibir y transmitir las señales hacia las PC.

Esta configuración permite incrementar y disminuir fácilmente el número de estaciones. Si se produce el fallo en una de ellas no afecta en el funcionamiento general de la red. Tiene una velocidad de transmisión alta entre las estaciones y el servidor o computadora central, y lenta entre las estaciones.

En comparación con otros tipos de topologías se puede plantear que es fácil de implementar y de ampliar, incluso en grandes redes. Adecuada para redes temporales (instalación rápida). El fallo de un nodo no repercute en el comportamiento del resto de la red y no hay problemas con colisiones de datos, ya que cada estación tiene su propio cable al router central.

En la **Error! Reference source not found.** se presenta el diagrama de conexiones para la propuesta diseñada, que contempla la incorporación de 2 conmutadores y 12 AP.

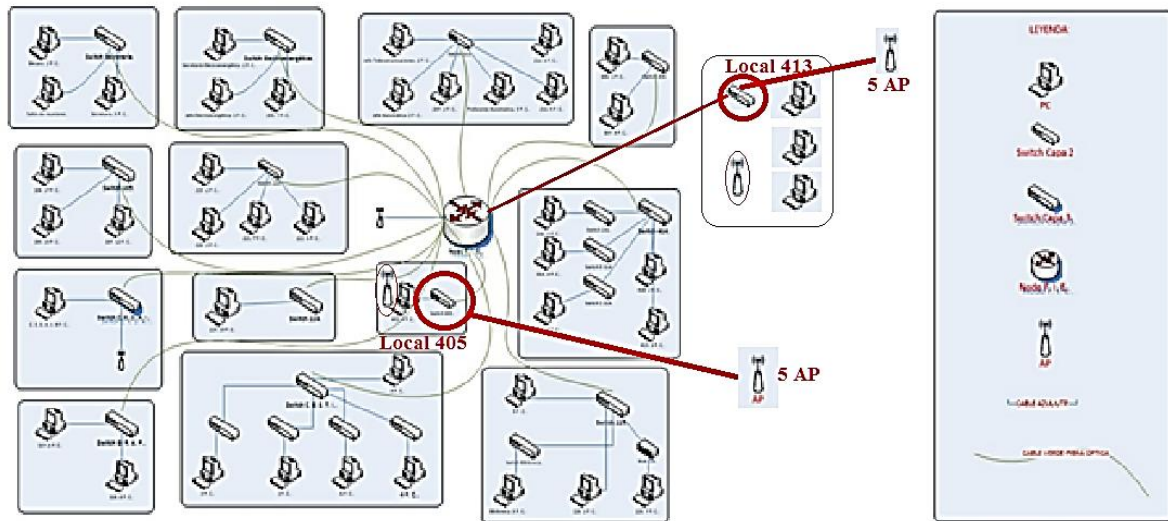


Figura 3.1 Estructura lógica de la red inalámbrica.

3.3 Estándares de la futura red

La estructura de la red inalámbrica funciona bajo los siguientes estándares que se aprecian en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2 Estándares de la red mejorada.

Equipamiento		Estándares				
AP		802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.3af
	Frecuencia	5GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4/5GHz	
	Velocidad	54Mbps	11Mbps	54Mbps	300Mbps	
	Modulación	OFDM	DSSS	DSSS/OFDM	OFDM	
Conmutador		802.3u	802.3z	802.3ae		TIA/EIA-568-B

3.4 Estudio de cobertura inalámbrica

El estudio de la cobertura inalámbrica, se hizo a través de la aplicación Wi-Fi Monitor, es una aplicación para versión de Android, disponible en la tienda de aplicaciones de google.

Esta aplicación permite analizar el estado de las redes wi-fi y recopilar datos sobre sus parámetros (intensidad de la señal, frecuencia, velocidad de conexión, etc.). Es útil para configurar un enrutador inalámbrico, supervisar el uso de la wi-fi y verificar dispositivos conectados a la red inalámbrica.

El estudio de cobertura inalámbrica no fue posible hacerlo con el punto de acceso Cisco *Aironet* serie 1140, porque no se tenía disponible. En su lugar se usó un Enrutador TPLink 1588, similar en cuanto a características de potencia y estándares de redes inalámbricas. Los estudios se hicieron para la banda de 2.4Ghz.

Las mediciones se realizaron colocando el dispositivo en cada uno de los locales destinados anteriormente. En la Tabla 3.3 se muestran los resultados obtenidos a partir de colocar el AP en el local 413 del cuarto piso

Tabla 3.3 Mediciones realizadas con el AP en el local 413.

Local	RSSI	Frecuencia	Razón de transmisión	Tiempo de respuesta	Canal	Umbral
413	-41dbm	2437MHz	72Mbps	15ms	6	-90dbm
Escalera	-60dbm	2437MHz	20Mbps	8ms	6	
411	-83dbm	2437MHz	19Mbps	12ms	6	
410	-88dbm	2437MHz	17Mbps	41ms	6	
409	-90dbm	2437MHz	15Mbps	41ms	6	

Como se puede observar en la Tabla 3.3 la ubicación de AP en local 413, la cobertura es factible para la escalera, siendo este el lugar donde los usuarios pueden acceder a la conexión mas fácilmente. Además, la señal alcanza las aulas 411 y 410, permitiendo a los estudiantes y los profesores utilizar la red inalámbrica.

En el local 405 se realizaron similares mediciones y con los siguientes resultados que se aprecian en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4 Mediciones realizadas con el AP en el local 405.

Local	RSSI	Frecuencia	Razón de transmisión	Tiempo de respuesta	Canal	Umbral
405	-60dbm	2437MHz	72Mbps	12ms	6	-90dbm
Escalera	-72dbm	2437MHz	20Mbps	8-12ms	6	
403	-82dbm	2437MHz	19Mbps	41ms	6	
402	-87dbm	2437MHz	17Mbps	41ms	6	

Como se puede observar en la tabla 3.4 con la ubicación de AP en local 405, la cobertura es factible para la escalera, siendo este el lugar donde los usuarios pueden acceder a la conexión mas fácilmente. Además, la señal alcanza las aulas 403 y 402, permitiendo a los estudiantes y los profesores utilizar la red inalámbrica.

En el caso de colocar un AP en el local 314, las mediciones realizadas en el tercer piso arrojaron los siguientes resultados que se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Mediciones realizadas con el AP en el local 314

Local	RSSI	Frecuencia	Razón de transmisión	Tiempo de respuesta	Canal	Umbral
314	-45dbm	2437MHz	72Mbps	12ms	6	-90dbm
Escalera	-55dbm	2437MHz	50Mbps	8-12ms	6	
311	-67dbm	2437MHz	22Mbps	41ms	6	
310	-72dbm	2437MHz	17Mbps	50ms	6	

Como se puede observar en la Tabla 3.5 con la ubicación de AP en local 314, la cobertura es factible para la escalera, siendo este el lugar donde los usuarios pueden acceder a la conexión fácilmente. Además, la señal alcanza las aulas 311 y 310, permitiendo a los estudiantes y los profesores utilizar la red inalámbrica.

En el caso de los locales 406, 308, 231 y 212, no se pudo realizar las mediciones en el momento del estudio, ya que las limitaciones de personal en la facultad y las condiciones epidemiológicas, limitaron el acceso a dichos locales. No obstante, se priorizaron las áreas docentes de mayor concurrencia en el tercer y cuarto piso. El segundo piso es un área de departamentos docentes y laboratorios y se considera una zona de baja concurrencia de usuarios inalámbricos potenciales. No obstante, se da cobertura inalámbrica como al resto de las zonas predefinidas.

El primer piso de la Facultad, en el momento del estudio contaba con equipamiento brindando servicio en las áreas seleccionadas. Se estimó no realizar mediciones pues los resultados pudieran no ser lo suficientemente realistas. Además, la funcionalidad de equipamiento, incluso tecnológicamente inferior al propuesto, garantiza una vitalidad aceptable del servicio en la zona referida.

En el Centro de Desarrollo de Automatización (CEDAI), los dos AP están ubicados, uno en la puerta de la entrada de CEDAI con el objetivo de alcanzar la señal toda la parte de afuera hacia el merendero. El segundo AP estará puesto cerca de la escalera del primer piso con el objetivo de alcanzar la señal toda la escalera hacia la biblioteca.

3.5 Simulación de la red en *Packet Tracer*.

Para comprobar el correcto funcionamiento de la red inalámbrica se realizó el montaje del esquema lógico sobre *el software Packet Tracer*, quedando la estructura como se observa en la Figura 3.2. En este esquema se realizaron asignaciones de direcciones IP utilizando los métodos distintos para cada subred independiente. En una subred se utilizó el servicio de DHCP implementado en el puerto del Router que interconecta la LAN B. En el caso de la otra subred se desplegó un servidor DHCP para cumplir esta función.

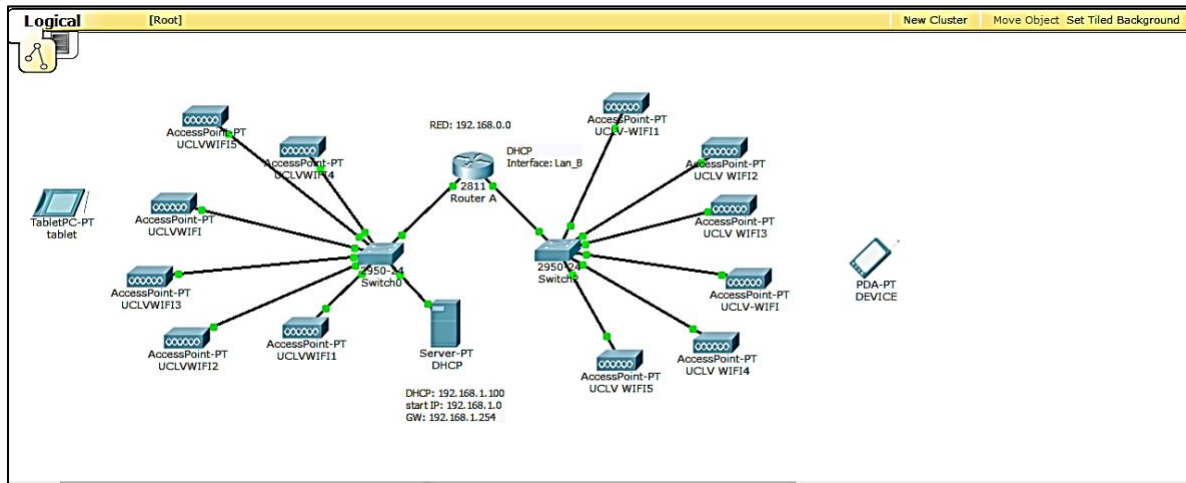


Figura 3.2. Estructura Lógica de la red inalámbrica.

A partir de ese momento se procede a comprobar la conectividad entre los dispositivos inalámbricos que se encuentran en subredes diferentes. Para ello se comprueba el correcto funcionamiento del protocolo ICMP. En la Figura 3.3 es posible comprobar dicho suceso. En el espacio de trabajo del *Packet Tracer* es posible observar el tránsito realizado por la PDU relativa a la solicitud del ping entre una estación y otra.

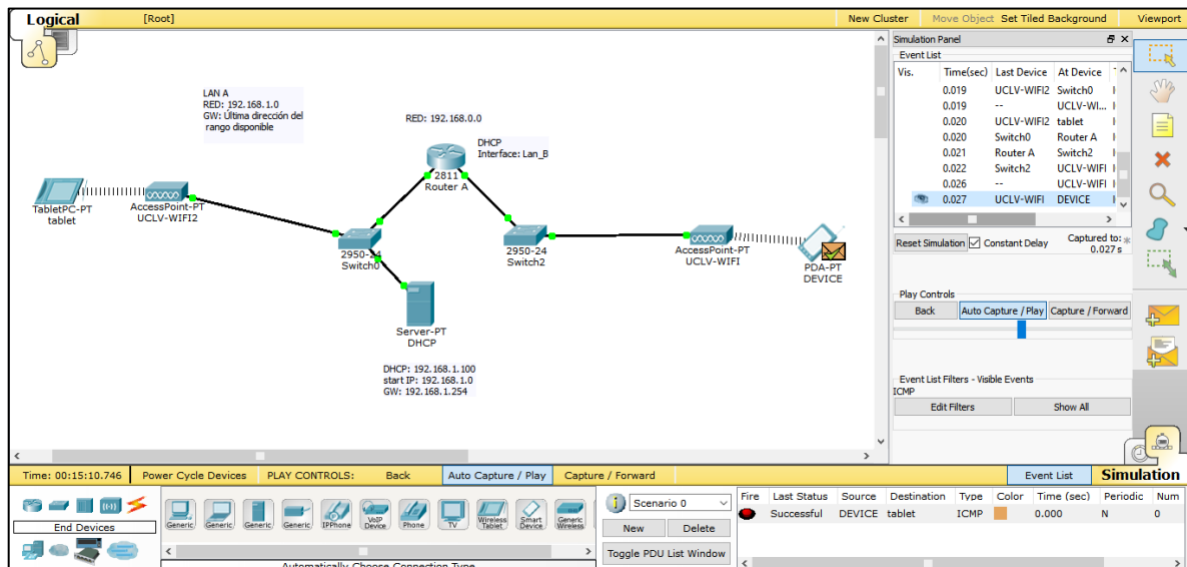


Figura 3.3. Recorrido de la PDU ICMP entre los terminales inalámbricos.

3.6 Consideraciones finales

En este capítulo se evaluó la red mejorada mediante el software *Packet Tracer*. Fue analizado el correcto funcionamiento del protocolo ICMP.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

A partir de culminar el trabajo de tesis se llegan a las siguientes conclusiones:

- Las redes inalámbricas son una solución tecnológica a las limitaciones que imponen las redes cableadas fijas. Permiten dar servicios de redes a un número mayor de usuarios garantizando movilidad en la zona de cobertura. Los estándares más usados en la actualidad son el 802.11n y el 802.11ac.
- La Red inalámbrica de la Facultad de ingeniería Eléctrica presenta una situación desfavorable. La cantidad de AP y la tecnología de los mismos, no están acordes con las exigencias actuales de servicios de internet, lo que causa insatisfacciones en los usuarios de la misma.
- La red inalámbrica propuesta para la facultad de Ingeniería Eléctrica esta compuesta por 2 switches de la firma HP, de la serie 2610 Procurve, con capacidad para 24 puertos con tecnología PoE. Estos, a su vez, da conectividad y alimentación a 12 AP repartidos en locales de la facultad, con el objetivo de brindar cobertura a zonas de alta afluencia de profesores y estudiantes. Este despliegue se realiza cumpliendo las normas de cableado estructurado.
- A partir de las mediciones realizadas en varios locales de la facultad se comprobó la factibilidad de la ubicación de los AP en dichos locales. Con ello se garantiza un nivel de señal aceptable en las zonas aledañas y aulas adyacentes. Ello permite la utilización del servicio inalámbrico para el desarrollo del proceso docente. También se comprobó de manera experimental el funcionamiento de la red utilizando herramientas de simulación, donde dos dispositivos inalámbricos de diferentes subredes establecieron comunicación entre sí.

Recomendaciones

- Realizar estudios sobre la posible implementación del estándar 802.11e, para brindar QoS en la red inalámbrica.
- Se recomienda que la próxima actualización de red se utilice tecnologías del estándar 802.11ac.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Veà i Baró, «Historia, Sociedad, Tecnología y Crecimiento de la Red. Una aproximación divulgativa a la realidad más desconocida de Internet», Universitat Ramon Llull, 2002. [En línea]. Disponible en: <http://www.tdx.cat/TDX-1104104-101718>
- [2] C. A. Román, «El uso del celular y su influencia en las actividades académicas y familiares de los estudiantes de primer año de bachillerato de la Unidad Educativa Sagrados Corazones de Rumipamba de la ciudad de Quito», *Universidad Andina Simón Bolívar*, vol. 85, 2017.
- [3] A. Ramos Fleites, «Diseño de una red de área local inalámbrica», PhD Thesis, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería ..., 2007.
- [4] «III Unidad Planificación y diseño de una red (LAN) - PDF Free Download», oct. 11, 2021. <https://docplayer.es/30826328-iii-unidad-planificacion-y-diseno-de-una-red-lan.html> (accedido oct. 11, 2021).
- [5] B. S. ANTONIO, H. M. MANUEL JOSÉ, y J. C. JULIA, *Redes de área local: administración de sistemas informáticos*. Editorial Paraninfo, 2006.
- [6] D. Law, «IEEE 802.3 Ethernet www.ieee802.org/3».
- [7] O. Gerometta, «Mis Libros de Networking: IEEE 802.3ba - hasta 100 Gbps Ethernet», *Mis Libros de Networking*, jun. 22, 2010. <http://librosnetworking.blogspot.com/2010/06/ieee-8023ba-hasta-100-gbps-ethernet.html> (accedido oct. 21, 2021).
- [8] «Manual para Aplicar La Norma TIA - EIA para Cableado Estructurado | PDF», *Scribd*. <https://es.scribd.com/document/355358558/Manual-para-aplicar-la-norma-TIA-EIA-para-Cableado-Estructurado-pdf> (accedido nov. 09, 2021).
- [9] «redes», sep. 30, 2021. <https://redesindex.webcindario.com/tema2.html> (accedido sep. 30, 2021).
- [10] T. H. Cheng, «Performance comparison of 100Base-T fast ethernet and 100VG-AnyLAN», *Computers & industrial engineering*, vol. 35, n.º 3-4, pp. 607-610, 1998.
- [11] H. W. Johnson, *Fast Ethernet: dawn of a new network*. Prentice-Hall, Inc., 1995.
- [12] G. E. Alliance, «IEEE 802.3 z», *The emerging Gigabit Ethernet standard*, 1997.
- [13] H. Frazier, «The 802.3 z gigabit ethernet standard», *Ieee network*, vol. 12, n.º 3, pp. 6-7, 1998.
- [14] W.-K. Jia, Y.-C. Chen, y C.-Y. Ho, «Traffic behavior analysis of frame bursting for SISO IEEE 802.3 z networks», en *Network Architectures, Management, and Applications IV*, 2006, vol. 6354, p. 63541L.
- [15] J. Gaither y M. Cimadevilla, «10 Gigabit Ethernet/FibreChannel PCS Reference Design», 2004, *Xilinx, Inc., XAPP775*, 2004.
- [16] P. Pepeljugoski *et al.*, «Improved performance of 10 Gb/s multimode fiber optic links using equalization», en *Optical Fiber Communication Conference*, 2003, p. ThG4.

- [17] R. Sohan, A. Rice, W. M. Andrew, y K. Mansley, «Characterizing 10 Gbps network interface energy consumption», en *IEEE Local Computer Network Conference*, 2010, pp. 268-271.
- [18] D. Law, D. Dove, J. D'Ambrosia, M. Hajduczenia, M. Laubach, y S. Carlson, «Evolution of Ethernet standards in the IEEE 802.3 working group», *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, n.º 8, pp. 88-96, 2013.
- [19] G. Mendelson, «All you need to know about Power over Ethernet (PoE) and the IEEE 802.3 af Standard», *Internet Citation*, [Online] Jun, 2004.
- [20] J. T. J. Penttinen, *The Telecommunications Handbook: Engineering Guidelines for Fixed, Mobile and Satellite Systems*. John Wiley & Sons, 2015.
- [21] J. Anguís, José, «Redes de Área Local Inalámbricas: Diseño de la WLAN de Wheelers Lane Technology College», Tesis para optar al grado de ingeniero. Universidad de Sevilla, Escuela ..., 2008.
- [22] K. Sharma y N. Dhir, «A study of wireless networks: WLANs, WPANs, WMANs, and WWANs with comparison», *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. 5, n.º 6, pp. 7810-7813, 2014.
- [23] J. Salazar, «Redes inalámbricas», *República Checa*, 2016.
- [24] F. Andreu, I. Pellejero, y A. Lesta, *Fundamentos y Aplicaciones de Seguridad en Redes WLAN: Fundamentos y Aplicaciones de Seguridad*. Marcombo, 2006.
- [25] S. González y D. Yineta, «Calidad de servicio en redes WLAN para tráfico de aplicaciones en tiempo real», Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Ingeniería Eléctrica, Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, 2017.
- [26] R. Vázquez Sánchez, «Calidad de servicio en redes VoWLAN con interoperabilidad a redes móviles», Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Departamento de Electrónica y Telecomunicaciones, 2016.
- [27] Félix Álvarez Paliza, «Notas del profesor, WLAN 802.11». 2016.
- [28] J. Jansons y T. Dorins, «Analyzing IEEE 802.11 n standard: outdoor performance», en *2012 Second International Conference on Digital Information Processing and Communications (ICDIPC)*, 2012, pp. 26-30.
- [29] F. R. G. Pedraja, «IEEE 802.11(Wi-Fi) El estándar de facto para WLAN», p. 6, 2003.
- [30] E. H. Ong, J. Knecht, O. Alanen, Z. Chang, T. Huovinen, y T. Nihtilä, «IEEE 802.11 ac: Enhancements for very high throughput WLANs», en *2011 IEEE 22nd International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 2011, pp. 849-853.
- [31] F. Siddiqui, S. Zeadally, y K. Salah, «Gigabit Wireless Networking with IEEE 802.11 ac: Technical Overview and Challenges.», *J. Networks*, vol. 10, n.º 3, pp. 164-171, 2015.
- [32] D.-J. Deng, K.-C. Chen, y R.-S. Cheng, «IEEE 802.11 ax: Next generation wireless local area networks», en *10Th international conference on heterogeneous networking for quality, reliability, security and robustness*, 2014, pp. 77-82.

- [33] Q. Qu *et al.*, «Survey and performance evaluation of the upcoming next generation WLANs standard-IEEE 802.11 ax», *Mobile Networks and Applications*, vol. 24, n.º 5, pp. 1461-1474, 2019.
- [34] E. Khorov, A. Kiryanov, A. Lyakhov, y G. Bianchi, «A tutorial on IEEE 802.11 ax high efficiency WLANs», *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 21, n.º 1, pp. 197-216, 2018.
- [35] A. F. Espitia Méndez y J. I. López Camacho, «Diseño de nueva arquitectura de red para la empresa colombiana Entersoft SAS». Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería de ..., 2020.
- [36] J. Luis, «Redes Inalámbricas de Área Local», p. 36.
- [37] Y.-Q. Zhu y H. Xu, «Overview of wireless LAN authentication mechanism», *Computer Engineering And Design*, vol. 33, n.º 1, pp. 96-100, 2012.
- [38] «Tipos de Tecnologías LAN inalámbricas», *Techlandia*, sep. 30, 2021. https://techlandia.com/tipos-tecnologias-lan-inalambricas-lista_387673/ (accedido sep. 30, 2021).
- [39] «Protocolos de seguridad en redes inalámbricas». <https://www.google.com/imgres> (accedido nov. 10, 2021).
- [40] D. Shivakrishna y S. K. Gupta, «SHARED KEY AUTHENTICATION FLAW THROUGH WIRELESS NETWORK SECURITY».
- [41] L. Cheng, L. Zhou, B.-C. Seet, W. Li, D. Ma, y J. Wei, «Efficient physical-layer secret key generation and authentication schemes based on wireless channel-phase», *Mobile Information Systems*, vol. 2017, 2017.
- [42] W. E. P. WEP y W.-F. P. A. WPA, «Definition: Wireless Security».
- [43] J. A. Quiñonez Solórzano y I. A. Palomeque Crespo, «Auditoria de seguridad de redes inalámbricas con encriptación wep, wpa y wpa2 utilizando la placa de arduino wifi-jammer y la metodología owisam para la empresa Importecell ubicado en el Cantón el Triunfo perteneciente a la provincia del Guayas.», PhD Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas ..., 2018.
- [44] «WPA - Protocolo de seguridad Wi-Fi». <https://www.google.com/imgres> (accedido nov. 10, 2021).
- [45] L. Khichadi y K. Nagamani, «Performance Evaluation of Power over Ethernet in an Ethernet Switch», en *2019 International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)*, 2019, pp. 1091-1095.
- [46] S. M. Córdoba, *Domótica. Gestión de la energía y gestión técnica de edificios*. Grupo Editorial RA-MA, 2015.
- [47] «Protocolos de comunicación en red». <https://mastermoviles.gitbook.io/tecnologias2/protocolos-de-comunicacion-en-red> (accedido nov. 10, 2021).
- [48] «Wireless Access Points», *Cisco*. <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/access-points/index.html> (accedido nov. 10, 2021).

- [49] «HP ProCurve Switch 2610 Series», p. 9.

ANEXOS

Anexo I Estándares IEEE 802.11.

Estándar	Veloc. Máx	Banda Frecuencia	Radio cobertura interior	Radio cobertura exterior
802.11a	54 Mbps	5 GHz	85 m	185 m
802.11b	11 Mbps	2.4 GHz	50 m	140 m
802.11g	54 Mbps	2.4 GHz	65 m	150 m
802.11n	>100 Mbps	2.4 GHz ó 5 GHz	90 m	250 m
802.11ac	>1 Gbps	5 GHz	90 m	250 m

Anexo II Comparación entre el Estándar IEEE 802.11ax y el estándar IEEE 802.11ac.

	802.11ac	802.11ax
BANDS	5 GHz	2.4 GHz and 5 GHz
CHANNEL BANDWIDTH	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 80+80 MHz & 160 MHz	20 MHz, 40 MHz, 80 MHz, 80+80 MHz & 160 MHz
FFT SIZES	64, 128, 256, 512	256, 512, 1024, 2048
SUBCARRIER SPACING	312.5 kHz	78.125 kHz
OFDM SYMBOL DURATION	3.2 us + 0.8/0.4 us CP	12.8 us + 0.8/1.6/3.2 us CP
HIGHEST MODULATION	256-QAM	1024-QAM
DATA RATES	433 Mbps (80 MHz, 1 SS) 6933 Mbps (160 MHz, 8 SS)	600.4 Mbps (80 MHz, 1 SS) 9607.8 Mbps (160 MHz, 8 SS)

Anexo III Fases para la alimentación PoE de un PD compatible con IEEE 802.3af.

Etapa	Descripción	Tensión introducida por el PSE (V)	Tensión recibida por el PD (V)	Tiempo
Detección	PSE detecta qué tipo de PD es	2.8 – 10	2.7 – 10.1	< 500ms
Clasificación	PD le indica los requisitos de potencia al PSE	15.5 – 20.5	14.5 – 20.5	< 75ms
Arranque	PSE empieza a alimentar	30 – 44	30 – 42	50ms
Alimentación	PD se pone en funcionamiento	44 - 57	36 – 57	-
Otro estado	-	0 – 2.8	N/A	-

Anexo IV Clases de PDs según consumo de potencia del estándar IEEE 802.3af.

Clase 802.3af	Uso	Rango de Intensidad (mA)	Potencia transmitida por el PSE (W)	Rango de potencia recibida por el PD (W)	Descripción
0	Por defecto	0-4	15.4	0.44 – 12.95	Clasificación desconocida
1	Opcional	9-12	4	0.44 - 3.84	PD de baja potencia
2	Opcional	17-20	7	3.84 - 6.49	PD de potencia media
3	Opcional	26-30	15.4	6.49 – 12.95	PD de alta potencia o potencia completa
4	Reservado	36-44	15.4	12.95	Para usos futuros

Anexo V Especificaciones del producto para los AP Cisco Aironet de la serie 1140.

Item	Specification			
Receive Sensitivity	802.11b -91 dBm @ 1 Mb/s -91 dBm @ 2 Mb/s -91 dBm @ 5.5 Mb/s -88 dBm @ 11 Mb/s	802.11g -86 dBm @ 6 Mb/s -86 dBm @ 9 Mb/s -86 dBm @ 12 Mb/s -86 dBm @ 18 Mb/s -85 dBm @ 24 Mb/s -83 dBm @ 36 Mb/s -78 dBm @ 48 Mb/s -77 dBm @ 54 Mb/s	802.11a -90 dBm @ 6 Mb/s -90 dBm @ 9 Mb/s -90 dBm @ 12 Mb/s -90 dBm @ 18 Mb/s -88 dBm @ 24 Mb/s -85 dBm @ 36 Mb/s -80 dBm @ 48 Mb/s -79 dBm @ 54 Mb/s	
	2.4-GHz 802.11n (HT20) -88 dBm @ MCS0 -87 dBm @ MCS1 -86 dBm @ MCS2 -83 dBm @ MCS3 -80 dBm @ MCS4 -76 dBm @ MCS5 -74 dBm @ MCS6 -73 dBm @ MCS7 -87 dBm @ MCS8 -85 dBm @ MCS9 -83 dBm @ MCS10 -80 dBm @ MCS11 -77 dBm @ MCS12 -73 dBm @ MCS13 -71 dBm @ MCS14 -70 dBm @ MCS15	2.4-GHz 802.11n (HT40) -85 dBm @ MCS0 -85 dBm @ MCS1 -83 dBm @ MCS2 -80 dBm @ MCS3 -77 dBm @ MCS4 -72 dBm @ MCS5 -71 dBm @ MCS6 -70 dBm @ MCS7 -85 dBm @ MCS8 -82 dBm @ MCS9 -80 dBm @ MCS10 -76 dBm @ MCS11 -73 dBm @ MCS12 -69 dBm @ MCS13 -67 dBm @ MCS14 -66 dBm @ MCS15	5-GHz 802.11n (HT20) -91 dBm @ MCS0 -91 dBm @ MCS1 -90 dBm @ MCS2 -87 dBm @ MCS3 -84 dBm @ MCS4 -79 dBm @ MCS5 -77 dBm @ MCS6 -76 dBm @ MCS7 -90 dBm @ MCS8 -89 dBm @ MCS9 -86 dBm @ MCS10 -83 dBm @ MCS11 -80 dBm @ MCS12 -75 dBm @ MCS13 -74 dBm @ MCS14 -72 dBm @ MCS15	5-GHz 802.11n (HT40) -78 dBm @ MCS0 -78 dBm @ MCS1 -78 dBm @ MCS2 -78 dBm @ MCS3 -78 dBm @ MCS4 -75 dBm @ MCS5 -73 dBm @ MCS6 -72 dBm @ MCS7 -76 dBm @ MCS8 -76 dBm @ MCS9 -76 dBm @ MCS10 -76 dBm @ MCS11 -76 dBm @ MCS12 -71 dBm @ MCS13 -69 dBm @ MCS14 -68 dBm @ MCS15
Maximum Transmit Power	2.4GHz 802.11b 20 dBm with 1 antenna 802.11g 17 dBm with 1 antenna 802.11n (HT20) 20 dBm with 2 antennas 802.11n (HT40) 20 dBm with 2 antennas		5GHz 802.11a 17 dBm with 1 antenna 802.11n non-HT duplicate (802.11a duplicate) mode 17 dBm with 1 antenna 802.11n (HT20) 20 dBm with 2 antennas 802.11n (HT40) 20 dBm with 2 antennas	
	Note: The maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations. Refer to the product documentation for specific details.			
Available Transmit Power Settings	2.4GHz 20 dBm (100 mW) 17 dBm (50 mW) 14 dBm (25 mW) 11 dBm (12.5 mW) 8 dBm (6.25 mW) 5 dBm (3.13 mW) 2 dBm (1.56 mW) -1 dBm (0.78 mW)	5GHz 20 dBm (100 mW) 17 dBm (50 mW) 14 dBm (25 mW) 11 dBm (12.5 mW) 8 dBm (6.25 mW) 5 dBm (3.13 mW) 2 dBm (1.56 mW) -1 dBm (0.78 mW)		
	Note: The maximum power setting will vary by channel and according to individual country regulations. Refer to the product documentation for specific details.			
Integrated Antenna	2.4 GHz, Gain 4.0 dBi, horizontal beamwidth 360° 5 GHz, Gain 3 dBi, horizontal beamwidth 360°			
Interfaces	10/100/1000BASE-T autosensing (RJ-45) - Management console port (RJ45)			
Indicators	Status LED indicates boot loader status, association status, operating status, boot loader warnings, boot loader errors.			
Dimensions (W x L x H)	Access point (without mounting bracket): 8.7 x 8.7 x 1.84 in. (22.1 x 22.1 x 4.7 cm)			

Anexo VI Características del producto para los AP Cisco Aironet de la serie 1140.

Item	Specification
Weight	2.3 lbs (1.04 kg)
Environmental	- Nonoperating (storage) temperature: -22 to 185°F (-30 to 85°C) - Operating temperature: 32 to 104°F (0 to 40°C) - Operating humidity: 10 to 90% percent (non-condensing)
System Memory	128 MB DRAM 32 MB flash
Input Power Requirements	- AP 1140: 44 to 57 VDC - Power Supply and Power Injector: 100 to 240 VAC; 50 to 60 Hz
Powering Options	802.3af Ethernet Switch - Cisco AP 1140 Power Injectors (AIR-PWRINJ4=) - Cisco AP 1140 Local Power Supply (AIR-PWR-A=)
Power Draw	AP 1140: 12.95 W Note: When deployed using PoE, the power drawn from the power sourcing equipment will be higher by some amount dependent on the length of the interconnecting cable. This additional power may be as high as 2.45W, bringing the total system power draw (access point + cabling) to 15.4W.
Warranty	90 days
Compliance	Standards Safety: - UL 60950-1 - CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1 - UL 2043 - IEC 60950-1 - EN 60950-1 Radio approvals: - FCC Part 15.247, 15.407 - RSS-210 (Canada) - EN 300.328, EN 301.893 (Europe) - ARIB-STD 33 (Japan) - ARIB-STD 66 (Japan) - ARIB-STD T71 (Japan) - AS/NZS 4268.2003 (Australia and New Zealand) - EMI and susceptibility (Class B) - FCC Part 15.107 and 15.109 - ICES-003 (Canada) - VCCI (Japan) - EN 301.489-1 and -17 (Europe) - EN 60601-1-2 EMC requirements for the Medical Directive 93/42/EEC IEEE Standard: - IEEE 802.11a/b/g, IEEE 802.11n, IEEE 802.11h, IEEE 802.11d Security: 802.11i, Wi-Fi Protected Access 2 (WPA2), WPA 802.1X - Advanced Encryption Standards (AES), Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) EAP Type(s): - Extensible Authentication Protocol-Transport Layer Security (EAP-TLS) - EAP-Tunneled TLS (TTLS) or Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol Version 2 (MSCHAPv2) - Protected EAP (PEAP) v0 or EAP-MSCHAPv2 - Extensible Authentication Protocol-Flexible Authentication via Secure Tunneling (EAP-FAST) - PEAPv1 or EAP-Generic Token Card (GTC) - EAP-Subscriber Identity Module (SIM) Multimedia: - Wi-Fi Multimedia (WMM™) Other: - FCC Bulletin OET-65C - RSS-102

Anexo VII Especificaciones I de *ProCurve Switch serie 2610*

	ProCurve Switch 2610-24 (J9085A)	ProCurve Switch 2610-48 (J9088A)
Puertos	24 puertos 10/100 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u) Tipo de soporte: Auto-MDIX Duplex: semi o full 1 puerto serie RJ-45 para consola 2 puertos 10/100/1000 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u, 1000Base-T tipo IEEE 802.3ab) Duplex: 10Base-T/100Base-TX: semi o full; 1000Base-T: sólo full 2 ranuras para mini-GBIC opcional (SFP)	48 puertos 10/100 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u) Tipo de soporte: Auto-MDIX Duplex: semi o full 1 puerto serie RJ-45 para consola 2 puertos 10/100/1000 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u, 1000Base-T tipo IEEE 802.3ab) Duplex: 10Base-T/100Base-TX: semi o full; 1000Base-T: sólo full 2 ranuras para mini-GBIC (SFP)
Características físicas		
Dimensiones (F x An x Al)	23,62 x 44,2 x 4,39 cm (altura de 1U)	23,62 x 44,2 x 4,39 cm (altura de 1U)
Peso (totalmente cargado)	4,63 kg	4,88 kg
Memoria y procesador		
Procesador	MIPS a 300 MHz	MIPS a 300 MHz
Flash	16 MB	16 MB
SDRAM	128 MB	128 MB
Tamaño de buffer para paquetes	1 MB	2 MB
Montaje	Se monta en un bastidor telco de 19 pulgadas EIA estándar o armario de equipos (herrajes incluidos); únicamente montaje en superficie horizontal	
Rendimiento		
Latencia		
100 Mb	<4,1 µs (LIFO)	<6,2 µs (LIFO)
1000 Mb	<2,9 µs (LIFO)	<4,4 µs (LIFO)
Velocidad	Hasta 9,5 millones de pps	Hasta 13,0 millones de pps
Capacidad de conmutación/enrutamiento	12,8 Gbps	17,6 Gbps
Tamaño de tabla de direcciones MAC	8.000 entradas	8.000 entradas
Condiciones ambientales		
Temperatura en funcionamiento	De 0 a 50 °C	De 0 a 50 °C
Humedad relativa en funcionamiento	Del 15 al 95% a 40 °C, sin condensación	Del 15 al 95% a 40 °C, sin condensación
Temperatura en reposo/almacenamiento	De -40 a 70 °C	De -40 a 70 °C
Humedad relativa en reposo/almacenamiento	Del 15 al 90% a 65 °C, sin condensación	Del 15 al 90% a 65 °C, sin condensación
Altitud	Hasta 3 km	Hasta 3 km
Especificaciones acústicas	Potencia: 0 dB; presión: 0 dB, sin ventilador	Potencia: 45 dB; presión: 36,2 dB; DIN 45635T.19 según ISO 7779
Características eléctricas		
Disipación máxima de calor	149,81 kJ/h (142 BTU/h)	300,67 kJ/h (285 BTU/h)
Tensión	100-127 Vca/200-240 Vca	100-127 Vca/200-240 Vca
Corriente	0,8 A/0,4 A	1,3 A/0,8 A
Consumo energético	41 W	66 W
Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz
Seguridad	CSA 22.2 n° 60950; UL 60950; IEC 60950; EN 60950	
Emisiones	FCC clase A; VCCI clase A; EN 55022/CISPR 22 clase A	
Inmunidad		
EN	EN 55024, CISPR 24	EN 55024, CISPR 24
ESD	IEC 61000-4-2; 4 kV CD, 8 kV AD	IEC 61000-4-2; 4 kV CD, 8 kV AD
Radiada	IEC 61000-4-3; 3 V/m	IEC 61000-4-3; 3 V/m
EFT/Ráfagas	IEC 61000-4-4; 1 kV (línea de alimentación), 0,5 kV (línea de señales)	IEC 61000-4-4; 1 kV (línea de alimentación), 0,5 kV (línea de señales)
Sobretensión	IEC 61000-4-5; 1 kV/2 kV AC	IEC 61000-4-5; 1 kV/2 kV AC
Conducida	IEC 61000-4-6; 3 V	IEC 61000-4-6; 3 V
Campo magnético de la frecuencia de alimentación	IEC 61000-4-8; 1 A/m, 50 o 60 Hz	IEC 61000-4-8; 1 A/m, 50 o 60 Hz
Interrupciones y caídas de tensión	IEC 61000-4-11, reducción >95%, 0,5 período; reducción del 30%, 25 períodos	IEC 61000-4-11, reducción >95%, 0,5 período; reducción del 30%, 25 períodos
Armónicos	EN 61000-3-2, IEC 61000-3-2	EN 61000-3-2, IEC 61000-3-2
Flicker	EN 61000-3-3, IEC 61000-3-3	EN 61000-3-3, IEC 61000-3-3
Gestión	ProCurve Manager Plus; ProCurve Manager (incluido); interfaz de línea de comandos; navegador de Web; menú de configuración; gestión fuera de banda (RS-232C serie)	

Anexo VIII Especificaciones II de *ProCurve Switch* serie 2610

			
ProCurve Switch 2610-24 (J9085A)		ProCurve Switch 2610-48 (J9088A)	
Estándares y protocolos (se aplican a todos los productos)	Gestión de dispositivos Gestión HTML y telnet	Extensiones BOOTP RFC 1542 Simple Network Time Protocol (protocolo sencillo de tiempo en red) v4 RFC 2030 RFC 2131 DHCP RFC 3046 DHCP Relay Agent Information Option	Gestión de redes IEEE 802.1AB Link Layer Discovery Protocol (LLDP) Protocolo syslog RFC 3164 BSD sFlow RFC 3176 ANSI/TIA-1057 LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED) SNMPv1/v2c/v3
	Protocolos generales IEEE 802.1D MAC Bridges Prioridad IEEE 802.1p VLANs IEEE 802.1Q IEEE 802.1v Clasificación a VLAN por protocolo y por puerto Reconfiguración rápida de Spanning Tree IEEE 802.1w IEEE 802.3ad Link Aggregation Control Protocol (LACP) IEEE 802.3af Power over Ethernet Control de flujo IEEE 802.3x RFC 768 UDP Protocolo RFC 783 TFTP (revisión 2) RFC 792 ICMP RFC 793 TCP RFC 826 ARP RFC 854 TELNET RFC 951 BOOTP	IP multicast RFC 3376 IGMPv3 MIBs RFC 1213 MIB II RFC 1493 Bridge MIB RFC 2021 RMONv2 MIB RFC 2096 IP Forwarding Table MIB RFC 2613 SMON MIB RFC 2618 RADIUS Client MIB RFC 2665 Ethernet-Like-MIB RFC 2668 802.3 MAU MIB RFC 2674 802.1p and IEEE 802.1Q Bridge MIB RFC 2737 Entity MIB (Versión 2) RFC 2863 The Interfaces Group MIB	Seguridad Control de acceso de red basado en puerto IEEE 802.1X RFC 1492 TACACS+ Secure Sockets Layer (SSL) SSHv1/SSHv2 Secure Shell

Anexo IX Especificaciones III de *ProCurve Switch* serie 2610

	ProCurve Switch 2610-24/12PWR (J9086A)	ProCurve Switch 2610-24-PWR (J9087A)	ProCurve Switch 2610-48-PWR (J9089A)
Puertos	24 puertos 10/100 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u) Tipo de soporte: Auto-MDIX Duplex: semi o full 1 puerto serie RJ-45 para consola 2 puertos 10/100/1000 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u, 1000Base-T tipo IEEE 802.3ab) Duplex: 10Base-T/100Base-TX: semi o full; 1000Base-T: sólo full 2 ranuras para mini-GBIC (SFP)	24 puertos 10/100 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u) Tipo de soporte: Auto-MDIX Duplex: semi o full 1 puerto serie RJ-45 para consola 2 puertos 10/100/1000 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u, 1000Base-T tipo IEEE 802.3ab) Duplex: 10Base-T/100Base-TX: semi o full; 1000Base-T: sólo full 2 ranuras para mini-GBIC (SFP)	48 puertos 10/100 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u) Tipo de soporte: Auto-MDIX Duplex: semi o full 1 puerto serie RJ-45 para consola 2 puertos 10/100/1000 con detección automática (10Base-T tipo IEEE 802.3, 100Base-TX tipo IEEE 802.3u, 1000Base-T tipo IEEE 802.3ab) Duplex: 10Base-T/100Base-TX: semi o full; 1000Base-T: sólo full 2 ranuras para mini-GBIC (SFP)
Características físicas			
Dimensiones (F x An x Al)	23,62 x 44,2 x 4,39 cm (altura de 1U)	31,75 x 44,2 x 4,39 cm (1U de altura)	34,29 x 44,2 x 4,39 cm (1U de altura)
Peso (totalmente cargado)	3,4 kg	6,83 kg	7,58 kg
Memoria y procesador			
Procesador	MIPS a 300 MHz	MIPS a 300 MHz	MIPS a 300 MHz
Flash	16 MB	16 MB	16 MB
SDRAM	128 MB	128 MB	128 MB
Tamaño de buffer para paquetes	1 MB	1 MB	2 MB
Montaje	Se monta en un bastidor telco de 19 pulgadas EIA estándar o armario de equipos (herrajes incluidos); únicamente montaje en superficie horizontal		
Rendimiento			
Latencia			
100 Mb	<4,1 µs (LIFO)	<4,1 µs (LIFO)	<6,2 µs (LIFO)
1000 Mb	<2,9 µs (LIFO)	<2,9 µs (LIFO)	<4,4 µs (LIFO)
Velocidad	Hasta 9,5 millones de pps	Hasta 9,5 millones de pps	Hasta 13,0 millones de pps
Capacidad de conmutación/enrutamiento	12,8 Gbps	12,8 Gbps	17,6 Gbps
Tamaño de tabla de direcciones MAC	8.000 entradas	8.000 entradas	8.000 entradas
Condiciones ambientales			
Temperatura en funcionamiento	De 0 a 50 °C	De 0 a 50 °C	De 0 a 50 °C
Humedad relativa en funcionamiento	Del 15 al 95% a 40 °C, sin condensación	Del 15 al 95% a 40 °C, sin condensación	Del 15 al 95% a 40 °C, sin condensación
Temperatura en reposo/almacenamiento	De -40 a 70 °C	De -40 a 70 °C	De -40 a 70 °C
Humedad relativa en reposo/almacenamiento	Del 15 al 90% a 65 °C, sin condensación	Del 15 al 90% a 65 °C, sin condensación	Del 15 al 90% a 65 °C, sin condensación
Altitud	Hasta 3 km	Hasta 3 km	Hasta 3 km
Especificaciones acústicas	Potencia: 46 dB; presión: 38,4 dB; DIN 45635T.19 según ISO 7779	Potencia: 62 dB; presión: 53 dB; DIN 45635T.19 según ISO 7779	Potencia: 59 dB; presión: 53,2 dB; DIN 45635T.19 según ISO 7779
Características eléctricas			
Disipación máxima de calor	190,96 kJ/h (181 BTU/h), (Switch sólo BTU/h—181, switch combinado + máx dispositivos PoE a 15,4 W—827 BTU/h)	432,55 kJ/h (410 BTU/h), (Switch sólo BTU/h—410, switch combinado + máx dispositivos PoE a 15,4 W—2281 BTU/h)	432,55 kJ/h (410 BTU/h), (Switch sólo BTU/h—410, switch combinado + máx dispositivos PoE a 15,4 W—2281 BTU/h)
Tensión	100–127 VAC/200–240 VAC	100–127 VAC/200–240 VAC	100–127 VAC/200–240 VAC
Corriente	3,3/1,7 A	7,0/3,5 A	7,0/3,5 A
Consumo energético	62 W sin PoE; 189 W con PoE	77 W sin PoE; 527 W con PoE	96 W sin PoE; 590 W con PoE
Frecuencia	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Seguridad	CSA 22.2 n° 60950; UL 60950; IEC 60950; EN 60950		
Emisiones	FCC clase A; VCCI clase A; EN 55022/CISPR 22 clase A		
Inmunidad			
EN	EN 55024, CISPR 24	EN 55024, CISPR 24	EN 55024, CISPR 24
ESD	IEC 61000-4-2; 4 kV CD, 8 kV AD	IEC 61000-4-2; 4 kV CD, 8 kV AD	IEC 61000-4-2; 4 kV CD, 8 kV AD
Radiada	IEC 61000-4-3; 3 V/m	IEC 61000-4-3; 3 V/m	IEC 61000-4-3; 3 V/m
EFT/Ráfagas	IEC 61000-4-4; 1 kV (línea de alimentación), 0,5 kV (línea de señales)	IEC 61000-4-4; 1 kV (línea de alimentación), 0,5 kV (línea de señales)	IEC 61000-4-4; 1 kV (línea de alimentación), 0,5 kV (línea de señales)
Sobretensión	IEC 61000-4-5; 1 kV/2 kV AC	IEC 61000-4-5; 1 kV/2 kV AC	IEC 61000-4-5; 1 kV/2 kV AC
Conducida	IEC 61000-4-6; 3 V	IEC 61000-4-6; 3 V	IEC 61000-4-6; 3 V
Campo magnético de la frecuencia de alimentación	IEC 61000-4-8; 1 A/m, 50 o 60 Hz	IEC 61000-4-8; 1 A/m, 50 o 60 Hz	IEC 61000-4-8; 1 A/m, 50 o 60 Hz
Interrupciones y caídas de tensión	IEC 61000-4-11, reducción >95%, 0,5 período; reducción del 30%, 25 períodos	IEC 61000-4-11, reducción >95%, 0,5 período; reducción del 30%, 25 períodos	IEC 61000-4-11, reducción >95%, 0,5 período; reducción del 30%, 25 períodos
Armónicos	EN 61000-3-2, IEC 61000-3-2	EN 61000-3-2, IEC 61000-3-2	EN 61000-3-2, IEC 61000-3-2
Flicker	EN 61000-3-3, IEC 61000-3-3	EN 61000-3-3, IEC 61000-3-3	EN 61000-3-3, IEC 61000-3-3
Gestión	ProCurve Manager Plus; ProCurve Manager (incluido); interfaz de línea de comandos; navegador de Web; menú de configuración; gestión fuera de banda (RS-232C serie)		

Anexo X Especificaciones III de *ProCurve Switch* serie 2610

			
	ProCurve Switch 2610-24/12PWR (J9086A)	ProCurve Switch 2610-24-PWR (J9087A)	ProCurve Switch 2610-48-PWR (J9089A)
Estándares y protocolos (se aplican a todos los productos)	Gestión de dispositivos HTML y gestión telnet Protocolos generales Puentes MAC IEEE 802.1D Prioridad IEEE 802.1p VLANs IEEE 802.1Q Clasificación de IEEE 802.1v VLAN por protocolo y por puerto Reconfiguración rápida de Spanning Tree IEEE 802.1w IEEE 802.3ad Link Aggregation Control Protocol (LACP) IEEE 802.3af Power over Ethernet Control de flujo IEEE 802.3x RFC 768 UDP Protocolo RFC 783 TFTP (revisión 2) RFC 792 ICMP RFC 793 TCP RFC 826 ARP RFC 854 TELNET RFC 951 BOOTP	Extensiones BOOTP RFC 1542 Simple Network Time Protocol (protocolo sencillo de tiempo en red) v4 RFC 2030 RFC 2131 DHCP Opción de información de agente de relé DHCP RFC 3046 IP multicast RFC 3376 IGMPv3 MIBs RFC 1213 MIB II MIB de bridge RFC 1493 RFC 2021 RMONv2 MIB RFC 2096 MIB de tabla de reenvío IP RFC 2613 SMON MIB MIB de cliente RFC 2618 RADIUS RFC 2665 Ethernet-Like-MIB RFC 2668 802.3 MAU MIB MIB de bridge RFC 2674 802.1p e IEEE 802.1Q MIB de entidad RFC 2737 (Versión 2) RFC 2863 The Interfaces Group MIB	Gestión de redes IEEE 802.1AB Link Layer Discovery Protocol (LLDP) Protocolo syslog RFC 3164 BSD sFlow RFC 3176 ANSI/TIA-1057 LLDP Media Endpoint Discovery (LLDP-MED) SNMPv1/v2c/v3 Seguridad Control de acceso de red basado en puerto IEEE 802.1X RFC 1492 TACACS+ Secure Sockets Layer (SSL) SSHv1/SSHv2 Secure Shell