



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

NOMBRE DEL PROYECTO:

REDISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA PARA EL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
FASE 1 ANÁLISIS

OPCIÓN QUE CORRESPONDA

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

EDUARDO GARCÍA MONTERO

NOMBRE DEL ASESOR:

MARCIAL MOLINA SARMIENTO



APIZACO, TLAX, OCTUBRE 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
Sistemas y Computación

Apizaco, Tlaxcala, **10/septiembre/2025**

Oficio No. S.C./OPV/0522/25

**ASUNTO: Liberación de proyecto
para titulación integral**

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

POR ESTE MEDIO LE INFORMO QUE HA SIDO LIBERADO EL SIGUIENTE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL.

NOMBRE DEL EGRESADO:	GARCÍA MONTERO EDUARDO
CARRERA:	INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES
NO. DE CONTROL:	20370981
NOMBRE DEL PROYECTO:	Rediseño y Administración de la Red Inalámbrica para el Instituto Tecnológico de Apizaco. Fase 1: Análisis
PRODUCTO U OPCIÓN:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

AGRADEZCO DE ANTEMANO SU VALIOSO APOYO EN ESTA IMPORTANTE ACTIVIDAD PARA LA FORMACIÓN PROFESIONAL DE NUESTROS EGRESADOS.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica-
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®*

MIQUELINA SÁNCHEZ PULIDO
JEFA DEL DEPTO. DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



MARCIAL MOLINA SARMIENTO
ASESOR INTERNO

ccp. Coordinación de carrera
Expediente
MSP/mrol*



2025
Año de
**La Mujer
Indígena**

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491
Tel. (241) 4172010 Ext. 115, e-mail: sistemas@apizaco.tecnm.mx
tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala **15/octubre/2025**

GARCÍA MONTERO EDUARDO
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA
EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES
CON NÚMERO DE CONTROL 20370981.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **REDISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA PARA EL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO FASE 1: ANÁLISIS**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastado, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo

CYAL/rrc



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec,
Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010
Ext. 304, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



Agradecimientos

Eduardo García Montero

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible este proyecto. A mis compañeros de equipo, cuyo esfuerzo, compromiso y trabajo en conjunto permitieron que, como equipo, lográramos sacar adelante cada etapa con éxito. También agradezco especialmente al encargado del área de mantenimiento, por compartir con nosotros su experiencia y conocimientos, los cuales fueron fundamentales para el desarrollo y la conclusión satisfactoria del proyecto.

A mi familia, gracias infinitas. A mi madre y a mi padre, por brindarme su apoyo incondicional en los momentos difíciles, por estar siempre presentes con palabras de aliento y una confianza que nunca flaqueó. A mi hermana y a mis amigos, quienes fueron un pilar constante, motivándome a seguir adelante y recordándome que rendirse nunca es una opción. Su compañía, apoyo y cariño fueron claves para mantenerme firme en este camino.

A todos ustedes, gracias por acompañarme en este proceso y ser parte de este logro que también es suyo.

José Jonathan Pérez Sánchez

La culminación de este proyecto representa no solo un logro académico y profesional, sino también personal. Ha sido un camino de aprendizaje, esfuerzo, retos y satisfacciones, y no hubiera sido posible sin el apoyo de personas muy importantes para mí. Por eso, quiero dedicar este espacio a agradecer a todos aquellos que me acompañaron en este proceso.

En primer lugar, mi más profundo agradecimiento es para mi familia. Gracias por ser mi base sólida, por brindarme su amor incondicional, su comprensión y su constante motivación. A lo largo de este camino, no faltaron los momentos de cansancio, frustración o duda, pero siempre estuvieron ahí, con palabras de aliento, una comida reconfortante y un abrazo sincero. Gracias por enseñarme a nunca rendirme, por impulsarme a seguir adelante y por celebrar conmigo cada pequeño avance como si fuera el más grande logro.

A mis compañeros de trabajo, quienes fueron más que colegas: fueron un verdadero equipo, una red de apoyo, y muchas veces, un espacio de desahogo y motivación. Gracias por su colaboración constante, por compartir conocimientos, por no dudar en ayudar cuando algo se complicaba, y, sobre todo, por los momentos compartidos durante este proceso. Ustedes hicieron que el trabajo se sintiera más ligero. Gracias por su amistad y por compartir este camino conmigo.

A los responsables del proyecto, coordinadores, supervisores y líderes involucrados, quiero expresar mi sincero agradecimiento por confiar en mí, por brindarme la oportunidad de participar activamente y por permitirme aportar mis conocimientos y habilidades. Su guía fue clave en cada etapa del proyecto. Agradezco la forma en que siempre estuvieron dispuestos a orientarme, aclarar dudas, ofrecer sugerencias y, sobre todo, a enseñarme con paciencia y respeto.

Hoy, al ver concluido este esfuerzo, me llena de orgullo saber que no lo hice solo. Lo hice acompañado de personas valiosas, que dejaron una huella en mí y que hicieron de este proceso una experiencia profundamente significativa.

Louis Edwar Tafoya Roldán

Este breve tiempo que estuve en la carrera fue un camino lleno de aprendizajes, obstáculos y crecimiento personal. A pesar de los retrasos y dificultades que enfrenté, hoy concluyo esta etapa con satisfacción y gratitud.

Agradezco profundamente a todas aquellas personas que hicieron posible este logro. A mis profesores y asesores, por su guía, conocimientos y por brindarnos la oportunidad de realizar este proyecto.

A mi familia, por su amor, comprensión y apoyo incondicional en todo momento, incluso en los más difíciles. Su confianza en mí fue clave para seguir adelante.

Y a mis compañeros de proyecto, gracias por su compromiso, ideas y compañerismo. Trabajar con ustedes fue una experiencia valiosa, enriquecedora y divertida.

Gracias a todos por formar parte de este camino.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo rediseñar la infraestructura de red del Tecnológico Nacional de México (TecNM) con el fin de mejorar la conectividad, la estabilidad del servicio y la seguridad en el acceso. Para lograrlo, se realizó un diagnóstico de la red existente, identificando limitaciones en la cobertura inalámbrica, saturación en puntos críticos y uso de equipos con estándares obsoletos. Posteriormente, se propuso un rediseño basado en tecnologías actuales de comunicación, incluyendo el uso de fibra óptica multimodo OM4 y OM5, cableado estructurado, switches de alto rendimiento y puntos de acceso compatibles con Wi-Fi 6. Además, se consideraron buenas prácticas de alimentación mediante PoE y la metodología PPDIOO de Cisco para garantizar un proceso ordenado de planeación e implementación. Como resultado, se presentó una propuesta técnica que optimiza el rendimiento de la red, reduce la latencia, amplía la cobertura inalámbrica y fortalece la seguridad de la institución. Se concluye que la actualización tecnológica es indispensable para satisfacer la creciente demanda de conectividad en entornos académicos y garantizar la continuidad de los servicios educativos y administrativos.

Índice

Contenido

Agradecimientos.....	4
Eduardo García Montero.....	4
José Jonathan Pérez Sánchez.....	5
Louis Edwar Tafoya Roldán	6
Resumen.....	7
Índice.....	8
I. Introducción.....	11
Descripción de la empresa y del puesto de trabajo el estudiante.....	12
Problemas a resolver.....	14
1. Infraestructura de Fibra Óptica Obsoleta (OM1)	14
2. Dependencia de cableado UTP en zonas de misión crítica de la red	14
3. Falta de Mantenimiento en los Racks de Distribución	14
4. Equipos de Red Desactualizados.....	15
5. Desempeño Deficiente en la Red Inalámbrica	15
Objetivos (General y Específicos).....	16
Objetivo general:.....	16
Objetivos específicos:.....	16
Justificación.....	17
II. Marco teórico	18
1. Redes Inalámbricas.....	18
2. Estándares y Tecnologías Inalámbricas.....	19
3. Seguridad en Redes Inalámbricas.....	19
4. Diseño y Configuración de Redes Inalámbricas	20
5. Infraestructura y Equipamiento en Redes Inalámbricas	22
6. Administración de Redes Inalámbricas.....	24
Antecedentes (Historia de la Red del Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA))	26
III. Desarrollo	30
Análisis del estado actual (Implementado por el alumno Eduardo García Montero).....	30
1 Diagnóstico de la infraestructura de red existente	30
2. Cobertura y conectividad.....	34
3. Problemas identificados	38

4. Requerimientos del Instituto.....	46
Diseño (Implementado por el alumno José Jonathan Pérez Sánchez).....	49
1 Objetivos del rediseño	49
2 Diseño lógico y físico de la red	51
Diseño lógico	52
3 Selección de tecnologías y equipos	55
4 Seguridad y administración.....	57
5 Cronograma y actividades de implementación	60
Implementación y puesta en marcha (Implementado por el alumno Louis Edwar Tafoya Roldán).....	64
1. Proceso de ejecución del diseño propuesto.....	64
2 Instalación de nuevos puntos de acceso.....	65
3 Integración de infraestructura cableada y enlaces troncales.....	67
4 Mantenimiento correctivo y recuperación tras contingencias	71
5 Revisión de puntos de acceso existentes	73
IV. Resultados.....	75
1. Evaluación de la cobertura inalámbrica.....	75
2 Análisis de velocidad y estabilidad de red.....	77
3 Funcionamiento de los nuevos puntos de acceso	78
4 Verificación de infraestructura cableada	80
5 Conclusiones generales de la implementación.....	81
V. Conclusiones	84
VI. Competencias desarrolladas y/o aplicadas.....	86
1. Diagnóstico y análisis de redes.....	86
2. Planeación y diseño de soluciones de red	86
3. Implementación de infraestructura	86
4. Aplicación de normas y buenas prácticas	86
5. Gestión de seguridad y administración de red	87
6. Trabajo colaborativo, liderazgo y comunicación	87
7. Responsabilidad profesional y ética institucional	87
VIII. Glosario.....	88
VII. Referencias	93

Índice de figuras

Figura 1.1 – Enlaces troncales de la red del ITA: primeras conexiones hacia la mitad del campus.	27
Figura 2.1 – Plano general del Instituto Tecnológico de Apizaco con distribución de red.....	31
Tabla 3.1. Diagnóstico de Saturación y Velocidad de Red Wi-Fi en Edificios.....	34
Figura 4.1 Evidencia fotográfica de la medición de la cobertura por edificio	37
Figura 5.1 – Evidencia del estado físico deteriorado de los racks de comunicaciones.	39
Figura 5.2 – Evidencia del estado físico deteriorado de los racks de comunicaciones.	41
Tabla 6.1 – Inventario general de equipos de red por edificio	43
Figura 7.1 Plan de Implementación de Antenas Punto a Punto – Edificios con Baja Cobertura.....	45
Figura 8.1 Mapa de cobertura estimada y ubicación propuesta de puntos de acceso inalámbrico.	54
Figura 9.1 – Equipos H3C WA6620X destinados a la red inalámbrica del ITA	56
Figura 10.1 – Diseño de canalización y distribución de red en el Edificio X.....	61
Tabla 11.1 – Cronograma de actividades de implementación y mantenimiento .	62
Figura 12.1 – Instalación física de puntos de acceso H3C en edificios del ITA.....	66
Figura 13.1 Supervisión del tendido y fusión de fibra óptica hacia el Edificio R (MDF)	68
Figura 14.1 Instalación del cableado estructurado en el Edificio X.....	70
Figura 15.1 IDFs reorganizados y en condiciones óptimas de operación.....	72
Figura 16.1 – Sustitución de equipos de red en mal estado	73
Figura 17.1 – Mapa de calor de cobertura inalámbrica con puntos de acceso instalados	76
Tabla 18.1 – Comparativo de velocidad y latencia antes y después del rediseño	78
Tabla 19.1 – Verificación de infraestructura cableada por zona	81

I. Introducción

En la actualidad, la conectividad inalámbrica se ha convertido en un elemento esencial para el desarrollo de actividades académicas y de investigación en instituciones educativas. El Instituto Tecnológico de Apizaco cuenta con una infraestructura inalámbrica, dada su creciente demanda de usuarios y cambios en los protocolos de interconexión, ha comenzado a presentar deficiencias en cobertura y velocidad.

El presente proyecto tiene como objetivo rediseñar e implementar un protocolo de administración de dicha red, lo cual permitirá optimizar su desempeño, garantizando una conexión estable, segura y eficiente para los estudiantes, docentes y administrativos. Para lograrlo, se realizará un análisis detallado de la infraestructura actual, se identificarán los principales problemas y se implementarán soluciones tecnológicas avanzadas y creativas.

Mediante este proceso, se busca mejorar la experiencia de los usuarios al utilizar la red inalámbrica, facilitar el acceso a recursos digitales y fortalecer el acceso a los recursos informáticos, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos académicos y administrativos de la institución. La actualización de la infraestructura de conectividad posicionará al Instituto Tecnológico de Apizaco a la vanguardia tecnológica, permitiendo un entorno de aprendizaje moderno y eficiente.

Descripción de la empresa y del puesto de trabajo el estudiante.

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Apizaco



Domicilio

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec

CP: 90491

Tel: (241)-417-20-10

Web: <https://www.apizaco.tecnm.mx/>

Misión

Formar profesionistas que sean líderes visionarios, emprendedores, con capacidad de generar soluciones disruptivas, innovando en la ciencia y la tecnología, comprometidos con el desarrollo económico, responsabilidad social teniendo una visión sostenible y sustentable.

Visión

Ser una Institución de educación superior tecnológica de vanguardia, formadora de ciudadanos del mundo, con conocimientos intercultural, respetando la diversidad social.

Valores

- **Honestidad:** Se demuestra día a día a través de la transparencia con la ejecución de las actividades laborales cotidianas.
- **Responsabilidad:** Es la actitud que caracteriza al personal en el cumplimiento de su tarea con eficacia y eficiencia en beneficio de la comunidad.

- **Lealtad:** Es la actitud que caracteriza al personal del Instituto Tecnológico de Apizaco, aplica sus conocimientos y habilidades en el logro de las metas institucionales, sin olvidar en ningún momento el lema.

El presente proyecto es llevado a cabo por tres residentes, quienes están asignados al área de coordinación de servicios de computo del Instituto. Sus funciones principales dentro de este proyecto incluyen:

- **Fase 1: Análisis**

Se analizará la infraestructura de la red inalámbrica, identificando su tecnología, cobertura, interconexiones, estado del cableado y dispositivos conectados.

- **Fase 2: Diseño**

Se realiza un mapeo (proceso de determinar ubicaciones) de la red para visualizar su distribución y áreas de mejora. Después, se propone un diseño basado en mapas de calor y un plan de operación (documento que define las actividades que se deben realizar para cumplir con los objetivos de un proyecto) para garantizar un funcionamiento eficiente.

Esto permitirá determinar que equipos de interconexión inalámbrica se solicitarán, los cuales permitirán el funcionamiento adecuado a la red.

- **Fase 3: Instalación e Implementación**

En esta fase se instalarán los nuevos equipos de red, como puntos de acceso y routers. Después, se pondrá en marcha la propuesta de diseño, asegurando su correcta configuración e integración con la infraestructura existente. Finalmente, se realizan pruebas de funcionamiento para evaluar la velocidad, estabilidad y capacidad de la red.

Problemas a resolver

1. Infraestructura de Fibra Óptica Obsoleta (OM1)

La red del instituto utiliza fibra óptica multimodo OM1, un estándar que presenta limitaciones en cuanto a velocidad y distancia de transmisión en comparación con versiones más recientes (OM3, OM4, OM5).

- **Problema:** La fibra OM1 solo soporta teóricamente hasta 1 Gbps en una distancia de 350mts lo cual es estipulado por la norma, lo que limita el rendimiento de la red y puede generar cuellos de botella en el tráfico de datos en los estándares de transmisión actual.
- **Solución propuesta:** Evaluar la viabilidad de actualizar la infraestructura a fibra OM4 lo cual tiene capacidad de soporte teórico de velocidades de 40 Gbps.

2. Dependencia de cableado UTP en zonas de misión crítica de la red

Aunque la red está distribuida en su mayoría con cable de fibra óptica OM1, aún hay zonas clave con cableado UTP, dicho cable tiene limitaciones en términos de velocidad y distancia de transmisión en comparación con la fibra óptica.

- **Problema:** La red podría experimentar interferencias y restricciones de ancho de banda en conexiones críticas.
- **Solución propuesta:** Actualizar el cableado UTP a Cableado de Fibra Óptica en áreas de alto tráfico.

3. Falta de Mantenimiento en los Racks de Distribución

Los racks que albergan los equipos de distribución de la red no cuentan con un mantenimiento preventivo, lo que puede provocar problemas como sobrecalentamiento, desorganización del cableado y fallas en el hardware.

- **Problema:** Riesgo de interrupciones en la red debido a equipos mal organizados, polvo acumulado o mala ventilación en los racks.
- **Solución propuesta:** Implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya limpieza periódica, reorganización del cableado y revisión del estado físico de los dispositivos de red.

4. Equipos de Red Desactualizados

Existen dispositivos antiguos en la infraestructura de red, como switches, routers y puntos de acceso, que presentan limitaciones en su capacidad de procesamiento, eficiencia y compatibilidad con tecnologías actuales.

- **Problema:** La obsolescencia de estos dispositivos limita la velocidad de conexión, la capacidad de gestión de tráfico.

5. Desempeño Deficiente en la Red Inalámbrica

El desempeño de la red inalámbrica en algunas áreas del campus puede verse afectado por la falta de cobertura adecuada y la saturación de puntos de acceso.

- **Problema:** Usuarios experimentan conexiones inestables, velocidades reducidas y congestión en el acceso Wi-Fi.
- **Solución propuesta:** Rediseñar la distribución de los puntos de acceso Wi-Fi, para una mejor cobertura y gestión del tráfico.

Objetivos (General y Específicos).

Objetivo general:

Realizar una propuesta de diseño restructuración e implementación de la red inalámbrica del instituto Tecnológico de Apizaco a través del uso de metodologías cisco que es PPDIOO (PREPARE, PLAN, DESING, IMPLEMENT, OPERATE AND OPTIMIZE), la cual nos permitirá una mejora significativa en el servicio de la red inalámbrica para docentes y alumnos

Objetivos específicos:

- Identificar la infraestructura de red inalámbrica instalada.
- Realizar mapeos de señales para definir cargas.
- Identificar dispositivos para soportar nuevas tecnologías y la adquisición de los mismos.
- Rediseñar y proponer redes inalámbricas para el instituto.

Justificación.

En la actualidad de la red inalámbrica instalada en las aulas no soporta eficientemente las necesidades de señal digital ya que en aula se tienen instaladas pantallas y a su vez los alumnos y maestros utilizan dispositivos portátiles saturando puntos de acceso y disminuyendo su disponibilidad tanto como su rendimiento.

II. Marco teórico

1. Redes Inalámbricas

Las redes inalámbricas son sistemas de comunicación que permiten la interconexión de dispositivos sin la necesidad de cables físicos, utilizando ondas electromagnéticas, principalmente en el espectro de radiofrecuencia. Estas redes se han vuelto fundamentales en diversos sectores, especialmente en el educativo, debido a la flexibilidad y movilidad que proporcionan, facilitando el acceso a servicios digitales desde múltiples dispositivos y ubicaciones (Cisco, s.f.).

De acuerdo con Cisco (s.f.), una red inalámbrica puede definirse como una infraestructura que utiliza frecuencias de radio para la transmisión de datos entre dispositivos o hacia redes cableadas, eliminando la necesidad de conexiones físicas rígidas y permitiendo mayor movilidad y escalabilidad.

La importancia de contar con redes inalámbricas robustas en entornos educativos radica en que permiten ofrecer educación de calidad mediante el acceso confiable y rápido a plataformas digitales, aplicaciones educativas y recursos en línea, favoreciendo la interacción constante entre estudiantes y docentes (TP-Link, 2021).

Las redes inalámbricas se clasifican principalmente en cuatro tipos, según su alcance y propósito (TechTarget, s.f.):

- **Wireless Personal Area Network (WPAN):** Redes de corto alcance para comunicación entre dispositivos personales, como Bluetooth.
- **Wireless Local Area Network (WLAN):** Redes de área local, típicas en edificios o campus, donde se implementa la mayoría de las redes Wi-Fi.
- **Wireless Metropolitan Area Network (WMAN):** Redes de área metropolitana que cubren ciudades o zonas urbanas extensas.
- **Wireless Wide Area Network (WWAN):** Redes de área amplia, como las redes móviles 4G y 5G, que cubren grandes regiones geográficas.

Para el Instituto Tecnológico de Apizaco, el enfoque del proyecto es la red WLAN, la cual es esencial para ofrecer conectividad en el campus, asegurando cobertura adecuada, velocidad y seguridad para la comunidad educativa.

2. Estándares y Tecnologías Inalámbricas

Los estándares inalámbricos son normas técnicas que regulan la forma en que los dispositivos transmiten y reciben datos sin cables, asegurando la interoperabilidad entre equipos de diferentes fabricantes y optimizando el rendimiento de la red. El estándar más reconocido y utilizado para redes Wi-Fi es el IEEE 802.11, que ha tenido múltiples versiones y actualizaciones desde su creación, adaptándose a las crecientes necesidades de velocidad, cobertura y seguridad.

Según Cisco (2023), el estándar IEEE 802.11 establece las especificaciones para las bandas de frecuencia, métodos de modulación, velocidades máximas y protocolos de comunicación para redes inalámbricas. Entre las versiones más comunes se encuentran:

- 802.11a/b/g/n/ac/ax, donde cada una representa mejoras en velocidad, eficiencia y capacidad para soportar múltiples dispositivos simultáneamente.

Dell Technologies (2023) destaca que las bandas de frecuencia más utilizadas son 2.4 GHz y 5 GHz, cada una con características particulares: la banda de 2.4 GHz ofrece mayor cobertura, pero menor velocidad, mientras que la de 5 GHz proporciona velocidades superiores con un alcance menor.

Además de Wi-Fi, existen otras tecnologías inalámbricas relevantes para diferentes aplicaciones, como Bluetooth para conexiones personales de corto alcance y ZigBee para redes de sensores. Galileo University (2022) resalta que estas tecnologías, junto con la evolución de redes móviles como 4G y 5G, forman el ecosistema que sostiene la conectividad en la era digital.

Para el Instituto Tecnológico de Apizaco, el conocimiento detallado de estos estándares y tecnologías es fundamental para planificar un rediseño que garantice una red inalámbrica eficiente, segura y capaz de satisfacer la demanda actual de usuarios y dispositivos.

3. Seguridad en Redes Inalámbricas

La seguridad en las redes inalámbricas es esencial para proteger la información transmitida y garantizar la estabilidad de la red. Debido a que las señales Wi-Fi se

propagan por el aire, son más susceptibles a ataques que comprometen la confidencialidad, integridad y disponibilidad de los datos. Esto hace indispensable implementar mecanismos que mitiguen estos riesgos y aseguren un entorno de comunicación confiable.

Entre las amenazas más comunes se encuentran el acceso no autorizado, la interceptación de datos, ataques de denegación de servicio y la suplantación de identidad. Para contrarrestarlas, es necesario utilizar protocolos de cifrados modernos como WPA3, que brindan mayor protección frente a ataques de fuerza bruta o intrusión (INCIBE, 2021). Además, la autenticación segura y la segmentación de la red permiten limitar el acceso y aislar diferentes tipos de tráfico, protegiendo recursos sensibles.

En entornos educativos como el Instituto Tecnológico de Apizaco, la seguridad debe ir más allá del cifrado. La correcta configuración de los dispositivos, la actualización constante del firmware y el monitoreo continuo de la red son prácticas indispensables para detectar y responder rápidamente ante posibles incidentes (VoIPED, s.f.; Neotica, 2023).

También es fundamental capacitar al personal encargado de la administración de la red para que implemente buenas prácticas y políticas claras, así como definir roles y permisos adecuados para evitar accesos indebidos (Leader Network, 2022). Esto crea una base sólida para mantener la red no solo segura, sino también eficiente y disponible para todos los usuarios.

En resumen, una estrategia integral de seguridad en redes inalámbricas que combine tecnologías avanzadas, políticas organizativas y formación constante es la mejor defensa contra las amenazas actuales y futuras. Así se garantiza un ambiente digital confiable, indispensable para el correcto funcionamiento y desarrollo académico de la institución.

4. Diseño y Configuración de Redes Inalámbricas

El diseño y configuración de una red inalámbrica eficiente es esencial para garantizar una conectividad estable y segura en entornos educativos como el Instituto Tecnológico de Apizaco. Para lograrlo, es necesario seguir una serie de pasos y consideraciones técnicas que aseguren el rendimiento óptimo de la red.

4.1. Planificación y Diseño

Antes de implementar una red inalámbrica, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de los requerimientos. Esto implica entender las necesidades específicas del entorno, como el tamaño del área de cobertura, la densidad de usuarios, los tipos de dispositivos conectados y las aplicaciones utilizadas. Estos factores determinarán los parámetros de diseño, como la cantidad y ubicación de los puntos de acceso, la selección de canales y la configuración de seguridad (Rom Mayer, 2021).

Una vez definidos los requisitos, se debe proceder con el diseño de la red. Tanaza (2022) destaca la importancia de planificar la capacidad de la red, no solo la cobertura. Es decir, se debe estimar la cantidad de dispositivos que utilizarán la red y dejar espacio para el crecimiento, lo que ayuda a determinar cuántos puntos de acceso serán necesarios y cómo distribuirlos de manera eficiente.

4.2. Selección de Equipos y Configuración

La elección de los equipos adecuados es crucial para el rendimiento de la red. Se deben seleccionar routers, switches y puntos de acceso que sean compatibles con los estándares actuales y que ofrezcan características como soporte para múltiples usuarios simultáneos y capacidades de gestión remota.

La configuración de la red debe incluir la asignación de direcciones IP, la configuración de la seguridad (como el uso de cifrado WPA3), la segmentación de la red para separar el tráfico académico del administrativo y la implementación de políticas de acceso para controlar quién puede conectarse a la red (ComputerWeekly, 2019).

4.3. Implementación y Pruebas

Una vez que la red ha sido diseñada y configurada, se procede a su implementación. Esto incluye la instalación física de los equipos, la conexión de los cables necesarios y la puesta en marcha de los puntos de acceso. Posteriormente, se deben realizar pruebas para verificar que la cobertura y el rendimiento cumplen con los requisitos establecidos. Es recomendable utilizar herramientas de análisis de redes para identificar posibles interferencias y ajustar la configuración según sea necesario (Cisco, 2021).

4.4. Mantenimiento y Optimización

El mantenimiento continuo de la red es esencial para garantizar su funcionamiento a largo plazo. Esto implica la actualización regular del firmware de los equipos, la monitorización del rendimiento de la red y la resolución de problemas que puedan surgir. Además, es importante realizar auditorías periódicas de seguridad para proteger la red contra posibles amenazas (Microsoft, s.f.).

5. Infraestructura y Equipamiento en Redes Inalámbricas

La infraestructura y el equipamiento son fundamentales para garantizar el buen desempeño de una red inalámbrica, especialmente en un entorno educativo como el Instituto Tecnológico de Apizaco, donde la demanda de conectividad es alta y variada.

5.1 Componentes Principales de la Infraestructura

- **Puntos de Acceso (Access Points, APs):** Son dispositivos que permiten la conexión inalámbrica de los usuarios a la red cableada, funcionando como puente entre los dispositivos Wi-Fi y la infraestructura física. La correcta selección y ubicación de los APs es vital para asegurar una cobertura adecuada y evitar zonas sin señal (Universidad Nacional de La Plata, s.f.).
- **Switches de Red:** Dispositivos que interconectan múltiples equipos dentro de la red local, incluyendo los APs, y gestionan el tráfico de datos entre ellos. Los switches pueden ser gestionables o no gestionables; los primeros permiten una administración avanzada, monitoreo y configuración de la red para optimizar el rendimiento (Cisco, s.f.).
- **Routers:** Son los equipos que dirigen el tráfico entre redes diferentes, como la red local y el internet. Son esenciales para la comunicación externa y suelen incluir funciones de seguridad como firewalls y NAT (Universidad Nacional de La Plata, s.f.).
- **Cableado de Fibra Óptica:** La fibra óptica se ha convertido en un componente esencial en la infraestructura de redes modernas por sus numerosas ventajas, incluyendo alta capacidad de transmisión de datos, baja atenuación, inmunidad a interferencias electromagnéticas y mayor seguridad en la transmisión. Su uso en la red backbone o troncal permite soportar grandes volúmenes de tráfico con alta velocidad y confiabilidad, característica clave

para redes educativas con alta demanda (Enel X, s.f.; HP, s.f.; BCS Consultants, s.f.).

5.2 Tecnología Power over Ethernet (PoE)

Una tecnología que ha revolucionado la instalación de dispositivos en redes inalámbricas es el Power over Ethernet (PoE). PoE permite alimentar eléctricamente a los dispositivos a través del mismo cable Ethernet que transmite los datos, eliminando la necesidad de fuentes de energía separadas y facilitando la instalación, sobre todo en lugares difíciles de alcanzar o donde no hay acceso directo a la red eléctrica (TecnoSeguro, s.f.).

Los puntos de acceso Wi-Fi que soportan PoE pueden ser alimentados directamente desde switches PoE, lo que simplifica la infraestructura, reduce costos de instalación y facilita la administración, ya que se puede controlar remotamente el suministro eléctrico de cada dispositivo (Access Agility, s.f.).

5.3 Consideraciones para el Rediseño

En el rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco, es crucial contar con una infraestructura robusta y actualizada que considere:

- La utilización de switches gestionables con soporte PoE para simplificar la alimentación de los APs y mejorar la administración centralizada de la red.
- La distribución estratégica de puntos de acceso para garantizar cobertura total y capacidad adecuada.
- La selección de routers con funciones avanzadas de seguridad y gestión de tráfico.
- La integración de cableado de fibra óptica para backbone y enlaces críticos, permitiendo alta velocidad, baja latencia y gran capacidad para el tráfico institucional (Enel X, s.f.; HP, s.f.; BCS Consultants, s.f.).
- El uso de cableado estructurado de alta calidad para asegurar la integridad y velocidad de las conexiones (Cisco, s.f.; TecnoSeguro, s.f.).

Una infraestructura bien diseñada no solo asegura una red eficiente y estable, sino que también facilita su escalabilidad y mantenimiento futuro.

6. Administración de Redes Inalámbricas

Una vez implementada una red inalámbrica, su administración adecuada es crucial para garantizar la disponibilidad, seguridad y rendimiento del servicio a lo largo del tiempo. La administración de redes inalámbricas consiste en el conjunto de actividades y herramientas utilizadas para supervisar, mantener, optimizar y proteger la red frente a fallos o amenazas.

En entornos como el Instituto Tecnológico de Apizaco, donde el acceso constante a plataformas académicas y administrativas depende de la conectividad inalámbrica, la gestión eficiente de la red garantiza una experiencia estable para estudiantes, docentes y personal administrativo.

6.1 Monitoreo y supervisión

El monitoreo continuo permite detectar anomalías, caídas de servicio, interferencias o saturaciones en puntos de acceso. Es fundamental utilizar herramientas que brinden visibilidad del tráfico, usuarios conectados y rendimiento de cada nodo de la red. Microsoft (s.f.) señala que el uso de plataformas de gestión permite aplicar políticas de red, identificar fallos rápidamente y optimizar la calidad del servicio.

Además, la supervisión ayuda a anticipar problemas antes de que afecten al usuario, como sobrecarga de canales, desconexiones o intentos de acceso no autorizados.

6.2 Gestión de usuarios y control de acceso

La administración de la red también implica gestionar los usuarios y definir los niveles de acceso a los recursos institucionales. Esto puede incluir la asignación de redes separadas para invitados, estudiantes y personal docente, así como la autenticación mediante credenciales seguras o certificados digitales. Según Planificación y Administración de Redes (s.f.), segmentar adecuadamente la red ayuda a mantener el orden, distribuir el ancho de banda y proteger los datos sensibles.

6.3 Mantenimiento y actualizaciones

El mantenimiento preventivo es una práctica esencial para mantener operativa la red. Incluye tareas como actualizar el firmware de los dispositivos, reemplazar

hardware defectuoso, revisar la seguridad de las contraseñas y realizar auditorías periódicas. Asimismo, una buena administración contempla registrar incidentes, documentar configuraciones y evaluar constantemente el crecimiento de la red para planificar futuras expansiones.

6.4 Herramientas de administración

Existen múltiples soluciones para administrar redes inalámbricas, desde sistemas integrados en los routers hasta plataformas en la nube que permiten monitoreo remoto y control centralizado. Estas herramientas permiten configurar alertas automáticas, generar informes de uso y aplicar políticas de calidad de servicio (QoS), lo cual resulta esencial en contextos donde se requiere estabilidad continua.

Antecedentes (Historia de la Red del Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA))

A finales de los años 90, el Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA) enfrentaba el desafío de modernizar sus comunicaciones internas. Con una creciente demanda de conectividad para fines académicos, administrativos y de investigación, las autoridades del instituto decidieron emprender un ambicioso proyecto: la creación de una red de fibra óptica que integrara sus principales edificios.

Fue entonces cuando Conectividad Integral, una empresa especializada en telecomunicaciones, recibió el encargo de diseñar e implementar esta red. Su misión era clara: construir una infraestructura robusta, escalable y acorde a los estándares internacionales, que permitiera al ITA dar el salto hacia la era digital.

1.1 La Columna Vertebral: Fibra Óptica en Estrella

El corazón de la red se estableció en el Laboratorio de Cómputo (Edificio R), desde donde partiría un backbone de fibra óptica en forma de estrella hacia otros edificios clave del campus.

Tecnología empleada:

- Cable AT&T 3DSX de 6 hilos multimodo (62.5/125 μm), resistente a condiciones externas y con protección contra roedores.
- Conectores STII y distribuidores ópticos LIU (Light Guide Interconnection Unit) para garantizar una señal estable.

Primeras conexiones:

- **Edificio M:** Uno de los primeros en enlazarse directamente con el Laboratorio de Cómputo.
- **Edificios G, H y J:** Conectados mediante fibra óptica y, en algunos casos, con extensiones de cable UTP (Categoría 5) para distribuir la red a áreas secundarias.
- **Edificio Administrativo y Edificio P:** Integrados en una segunda fase, con distancias de hasta 1,049 pies (320 metros) de fibra óptica.

El sistema propuesto e instalado sienta las bases suficientemente sólidas para los futuros avances y necesidades de la comunidad tecnológica. (Fibra Optica Edificio R - M.pdf).

A continuación, se muestra una descripción más detallada del enlace que permite la conexión con puntos clave.

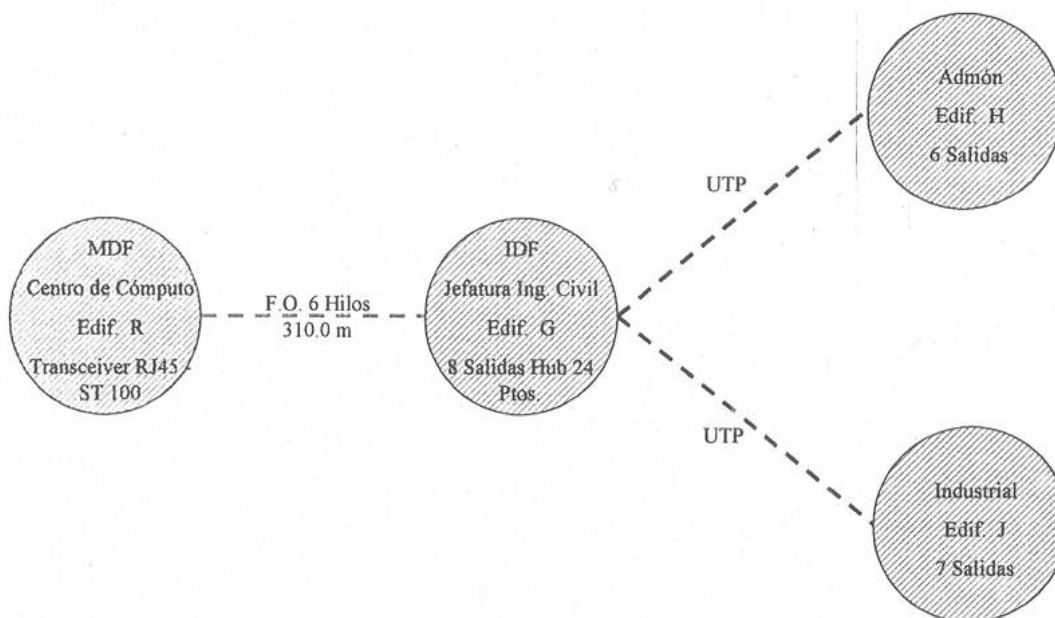


figura 1.1 – Enlaces troncales de la red del ITA: primeras conexiones hacia la mira del campus.

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025). (Fibra Óptica Edificio R - M.pdf).

La figura 1.1 muestra un fragmento del diseño original de la red troncal del Instituto Tecnológico de Apizaco, correspondiente a las primeras conexiones establecidas a través de fibra óptica durante la implementación inicial a finales de los años 90. En este esquema se representa la conexión principal entre el MDF (Main Distribution Frame) ubicado en el Centro de Cómputo del Edificio R, y el IDF (Intermediate Distribution Frame) en la Jefatura de Ingeniería Civil del Edificio G, mediante un tramo de fibra óptica de 6 hilos con una distancia de 310 metros.

Desde el Edificio G, que actúa como punto intermedio de distribución, se extienden conexiones de tipo UTP categoría 5 hacia los Edificios H (Administración) y J (Industrial), con 6 y 7 salidas respectivamente. Estos enlaces secundarios permiten la distribución del servicio de red a través de hubs locales de 24 puertos, de los cuales 8 estaban en uso en el momento de la implementación inicial.

Esta arquitectura refleja la estructura de columna vertebral en estrella, donde el Edificio R actúa como el nodo central de distribución, y es un ejemplo representativo de las primeras fases de expansión de la red de datos del ITA, sentando las bases para la infraestructura que se encuentra en uso actualmente, aunque con necesidad de modernización. (Fibra Optica Edificio R - M.pdf)

1.2 Los Equipos que lo Hicieron Posible

Para gestionar la red, se instalaron concentradores (Hubs) 3Com Dual Speed Hub 500, capaces de manejar tráfico a 10/100 Mbps, una velocidad revolucionaria para la época.

Características clave:

- Puertos RJ-45 para conexiones de cableado estructurado.
- Transceptores de fibra óptica (100BASE-FL y 10BASE-FL) para los enlaces entre edificios.
- Capacidad de apilamiento para expandir la red en el futuro. (Fibra Optica Edificio R - M.pdf)

Desafíos y Soluciones

El tendido de fibra no fue sencillo. Requerió:

- Excavación de zanjas para colocar tuberías de PVC flexibles.
- Instalación de registros de concreto en puntos estratégicos.
- Perforación de muros para llevar la fibra hasta los racks de comunicaciones en cada edificio.

Además, se implementó un cableado estructurado nivel 5 (Categoría 5) en interiores, con más de 70 salidas de datos en el Edificio Administrativo y 23 en el Edificio P, asegurando conexiones estables para computadoras y teléfonos.

"La instalación incluyó la demolición, perforación de muros y lozas necesarios para llevar el tubo de PVC hasta los racks."

(Backbone Fibra Optica Edificio Administrativo - P.pdf)

1.3 El Legado: Una Red para el Futuro

A finales de 1998, el proyecto culminó con éxito, marcando un antes y después en la historia tecnológica del ITA. La nueva red permitió:

- Comunicación eficiente entre departamentos.
- Acceso a Internet de alta velocidad (para los estándares de la época).
- Flexibilidad para expansiones, gracias a su diseño modular.

Aunque hoy las tecnologías han evolucionado, los cimientos de aquella red siguen siendo parte esencial de la infraestructura del instituto.

"La fibra óptica no requiere mantenimiento periódico, pero se recomienda revisar ante fallas."

(Fibra Optica Edificio R - M.pdf)

III. Desarrollo

Análisis del estado actual (Implementado por el alumno Eduardo García Montero)

El análisis del estado actual de la red inalámbrica en el Instituto Tecnológico de Apizaco es una etapa crucial que permite obtener un diagnóstico preciso de las condiciones tecnológicas, operativas y funcionales del sistema vigente. Este proceso no solo evalúa la infraestructura física, como los dispositivos instalados y su distribución, sino que también considera aspectos relacionados con la cobertura de señal, la capacidad de conexión simultánea, la seguridad y la gestión administrativa de la red.

Para realizar este análisis, se recopiló información a través de diversas técnicas y herramientas, incluyendo mediciones de la intensidad y calidad de la señal en diferentes áreas del campus, estado de los equipos, revisión de la configuración de equipos y software de red.

Los hallazgos obtenidos de este diagnóstico serán determinantes para identificar las deficiencias actuales, tales como zonas con cobertura insuficiente, equipos obsoletos, saturación en puntos de acceso, falta de control centralizado y vulnerabilidades en la seguridad. En consecuencia, esta información orientará el diseño de soluciones específicas para optimizar la red inalámbrica, garantizando un servicio estable y eficiente que satisfaga las necesidades actuales y futuras del Instituto.

1 Diagnóstico de la infraestructura de red existente

1.1 Topología actual

La infraestructura de red del Instituto Tecnológico de Apizaco está configurada con una topología en estrella, utilizando como nodo central el Laboratorio de Cómputo ubicado en el Edificio R. Desde este punto, se despliega un backbone de fibra óptica que conecta directamente con los edificios principales del campus, incluyendo los Edificios M, G, H, J, Administrativo y P. Esta topología facilita la concentración y distribución del tráfico de datos hacia y desde los usuarios finales, optimizando la gestión de recursos y permitiendo una administración centralizada.

Esta topología es fundamental para que los puntos de acceso inalámbricos (APs) distribuidos en el campus puedan conectarse a la red local y a Internet. La eficiencia y estabilidad de la red Wi-Fi dependen en gran medida de la capacidad y calidad de estos enlaces de fibra, ya que son los canales por donde circula todo el tráfico generado por los dispositivos inalámbricos.

No obstante, esta estructura presenta algunas limitaciones importantes:

- **Capacidad limitada en horas pico:** El aumento del número de dispositivos conectados ha generado congestión en los enlaces principales, lo que se traduce en disminución de la velocidad y estabilidad.
- **Falta de redundancia:** La topología actual no contempla rutas alternativas o enlaces de respaldo para garantizar la continuidad del servicio en caso de fallos físicos o lógicos.

A continuación, se muestran las conexiones actuales entre los edificios.



Figura 2.1 – Plano general del Instituto Tecnológico de Apizaco con distribución de red.

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

La figura 2.1 muestra el plano general del campus del Instituto Tecnológico de Apizaco, donde se representa la distribución física de edificios, áreas deportivas, espacios libres y vialidades internas. En el mapa se puede observar claramente la

infraestructura actual de red, con rutas de canalización y enlaces de conexión representadas mediante líneas, probablemente correspondientes a:

- Enlaces troncales de fibra óptica (en azul o negro), que conectan el nodo principal (MDF) con distintos edificios a través de rutas subterráneas o canalizadas.
- Distribución horizontal hacia edificios académicos, administrativos y de servicios, evidenciando la cobertura estructurada de la red en todo el campus.
- Ubicación y posible cobertura de puntos de acceso inalámbrico, representados de forma esquemática en zonas clave como explanadas, pasillos y accesos.

Este plano es fundamental para visualizar el alcance físico del rediseño de la red, identificar los puntos críticos atendidos durante la implementación y comprobar la integración de los edificios previamente desconectados (como el Edificio X o zonas deportivas). También permite planear futuras expansiones y verificar rutas de mantenimiento para enlaces y equipos.

1.2 Tipo de cableado

El backbone de la red utiliza cable de fibra óptica multimodo OM1 con especificaciones 62.5/125 μm , concretamente el modelo AT&T 3DSX de 6 hilos. Este tipo de cable está diseñado para soportar condiciones ambientales adversas y cuenta con protección contra roedores, lo que garantiza una mayor durabilidad en entornos industriales o de campus. Para la interconexión, se emplean conectores STII y unidades LIU (Light Guide Interconnection Unit), que aseguran una conexión estable y de baja atenuación.

Las características técnicas del cableado incluyen:

- **Capacidad de transmisión:** Adecuada para distancias de hasta 300 metros en enlaces multimodo, suficiente para las conexiones entre edificios dentro del campus.
- **Protección física:** Uso de tuberías de PVC flexibles para el tendido subterráneo, registros de concreto para acceso y mantenimiento, y perforaciones para llevar la fibra a los racks de cada edificio.

- **Distribución interna:** En los edificios, el cableado estructurado corresponde a cable UTP Categoría 5, con más de 70 salidas en el Edificio Administrativo y 23 en el Edificio P, que facilitan la conexión de estaciones de trabajo y dispositivos de red.

Cabe recalcar que el backbone de la red de fibra óptica que conecta los edificios, se alojan los switches y routers que alimentan la red inalámbrica a través de los puntos de acceso. La calidad y estado de esta fibra es crítica para asegurar un flujo de datos rápido y estable entre el núcleo de la red y los APs.

Un aspecto crítico es que la mayoría de estos puntos de acceso utilizan tecnología Power over Ethernet (PoE), lo que implica que tanto los datos como la alimentación eléctrica se suministran a través del mismo cable Ethernet. Esto simplifica la instalación y permite una mayor flexibilidad en la ubicación de los APs, pero también hace que la calidad y el estado del cableado UTP sean aún más esenciales para:

- Garantizar el suministro eléctrico estable y continuo a los APs, evitando interrupciones en el servicio inalámbrico.
- Mantener la integridad y velocidad de la transmisión de datos, para soportar múltiples conexiones simultáneas y aplicaciones de alta demanda.
- Facilitar la administración remota y monitoreo centralizado, lo que contribuye a una respuesta rápida ante incidentes.

A pesar de la calidad inicial del tendido, se ha detectado que la infraestructura física ha sufrido falta de mantenimiento. La falta de mantenimiento en los racks donde se alojan los switches y cables, junto con la desorganización del cableado, representa un riesgo directo para el desempeño de los puntos de acceso y, por ende, para la cobertura y calidad del servicio Wi-Fi ofrecido a la comunidad educativa. Esto se refleja en:

- Desorganización y acumulación en los racks de comunicaciones, que dificultan la gestión y aumentan el riesgo de desconexiones accidentales o daños al cableado.
- Ausencia de revisiones periódicas, lo que incrementa la probabilidad de fallas no detectadas y reduce la vida útil de los componentes.

- Condiciones ambientales desfavorables en algunos puntos, como polvo, humedad y exposición a vibraciones, que pueden afectar la integridad física de los cables y equipos.

El mantenimiento preventivo y correctivo de esta infraestructura es esencial para preservar la calidad de la red y evitar interrupciones que afecten las actividades académicas y administrativas del instituto.

2. Cobertura y conectividad

2.1 Zonas con señal deficiente o sin cobertura

El análisis del rendimiento de la red inalámbrica en el Instituto Tecnológico de Apizaco revela que existen múltiples áreas con señal deficiente o incluso sin conectividad debido a la saturación y congestión de la red. Diversos edificios presentan problemas críticos que afectan la experiencia de los usuarios:

- Edificios B, C, D, F, H, I y J reportan saturación severa que se traduce en ausencia de conectividad en varias áreas, tanto en planta baja como en planta alta, imposibilitando el acceso a internet para estudiantes y personal.
- Otras zonas, como la planta alta del Edificio G y planta alta del Edificio J, presentan velocidades extremadamente bajas (60 Kbps y 260 Kbps respectivamente) y alta latencia, evidenciando congestión y baja calidad de señal.

En general, las zonas con mayores dificultades para mantener una conexión estable y rápida coinciden con áreas de alta densidad de usuarios y poca distribución de puntos de acceso.

Estas deficiencias impactan negativamente en las actividades académicas y administrativas, limitando el acceso a plataformas virtuales, recursos digitales y comunicación efectiva dentro del campus.

A continuación, se presenta un diagnóstico detallado del rendimiento de la red inalámbrica en los distintos edificios y áreas del Instituto Tecnológico de Apizaco, mostrando velocidades, cargas y latencias que reflejan la calidad de la señal y posibles zonas de saturación o falta de cobertura.

Tabla 3.1. Diagnóstico de Saturación y Velocidad de Red Wi-Fi en Edificios

REVISION DE LA SEÑAS DE WI-FI					
Edificios	Plantas / Áreas	Velocidad de Internet	Carga de Velocidad	Latencia de Descarga	Carga
Edificio A	Una Planta	4.8 Mbps	6.3 Mbps	15 Ms	48 Ms
Edificio B	Planta Baja	Congestión en la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
	Planta Alta	3.1 Mbps	7.7 Mbps	17 Ms	305 Ms
Edificio C	Planta Baja	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
	Planta Alta	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
Edificio D	Planta Baja	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
	Planta Alta	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
Edificio E	Una Planta	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
Edificio F	Una Planta	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
Edificio G	Planta Baja	4.3 Mbps	11 Mbps	12 Ms	110 Ms
	Planta Alta	730 Kbps	2.7 Mbps	39 Ms	166 ms
Edificio H	Planta Baja	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
	Planta Alta	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
Edificio I	Una Planta	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
Edificio J	Planta Baja	Sin conectividad por congestión de la red	Red congestionada	Red congestionada	Red congestionada
	Planta Alta	260 Kbps	3.4 Mbps	50 Ms	744 Ms
	Ciencias Básicas	7.2 Mbps	3.5 Mbps	58 Ms	378 Ms

Edificio M	Sistemas	12 Mbps	15 Mbps	45 Ms	210 Ms
	Metal Mecánica	8.2 Mbps	19 Mbps	21 Ms	285 Ms
Edificio N	Una Planta	62 Mbps	86 Mbps	12 Ms	46 Ms
Edificio O	Una Planta	Sin conectividad por saturación de la red	Incapaz de realizar herencia	Incapaz de realizar herencia	Incapaz de realizar herencia
Edificio P	Planta Baja	25 Mbps	150 Mbps	11 Ms	67 Ms
	Planta Alta	13 Mbps	87 Mbps	11 Ms	107 Ms
Edificio Q	Planta Baja	48 Mbps	15 Mbps	13 Ms	40 Ms
	Planta Alta	57 Mbps	170 Mbps	11 Ms	29 Ms
Edificio R	Planta Baja	54 Mbps	56 Mbps	12 Ms	40 Ms
	Planta Alta	7.6 Mbps	37 Mbps	13 Ms	265 Ms
Edificio S	Centro S	31 Mbps	130 Mbps	15 Ms	54 Ms
	Fondo Cubículos	29 Mbps	100 Mbps	12 Ms	32 Ms
	Fondos Mesas	15 Mbps	10 Mbps	0 Ms	443 Ms
Edificio T	Planta Baja	2.3 Mbps	15 Mbps	13 Ms	131 Ms
	Planta Alta	4.7 Mbps	8 Mbps	19 Ms	69 Ms
Edificio U	Una Planta	4.7 Mbps	6.5 Mbps	14 Ms	45 Ms
Edificio V	Planta Baja	No hay red publica	Sin datos	Sin datos	Sin datos
	Planta Alta	No hay red publica	Sin datos	Sin datos	Sin datos
Edificio X	Planta Baja	9.6 Mbps	9.4 Mbps	13 Ms	17 Ms
	Planta Alta	9.2 Mbps	12 Mbps	16 Ms	49 Ms
Edificio Y	Una Planta	68 Mbps	95 Mbps	13 Ms	39 Ms
Edificio Z	Planta Baja	3 Mbps	12 Mbps	0.1 Ms	406 Ms
	Planta Alta	100 Mbps	8.3 Mbps	43 Ms	3.1 Ms
Entre Edificios	ITAmesh	4.8 Mbps	6.8 Mbps	10 Ms	68 Ms
Exterior	Plaza CI	4.3 Mbps	8 Mbps	12 Ms	110 Ms

Como se muestra en la Tabla 3.1, se registraron los valores de conectividad correspondientes a cada planta y edificio. En esta tabla se observa refleja claramente las diferencias de desempeño entre las distintas zonas, permitiendo visualizar en que espacios la red funciona de manera estable y donde se presentan problemas como lentitud, saturación o falta total de señal.

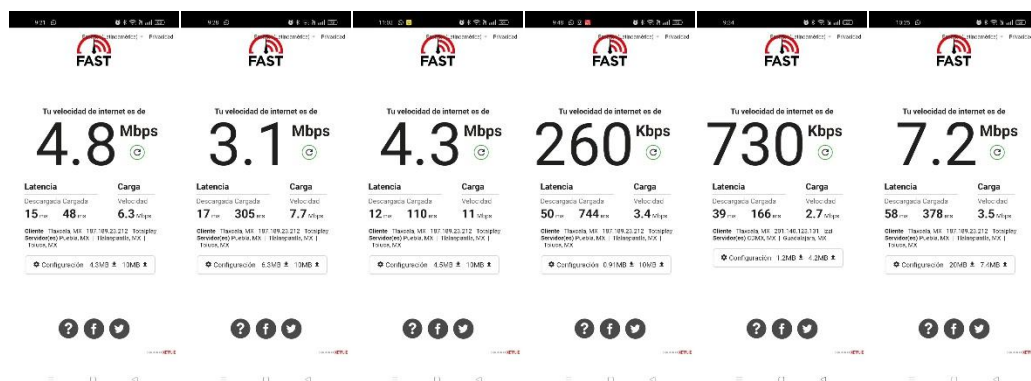


Figura 4.1 Evidencia fotográfica de la medición de la cobertura por edificio

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

En la Figura 4.1 se utilizó la herramienta en línea Fast.com “la cual es gratuita y fue desarrollada por la compañía Netflix para medir la velocidad de la conexión a internet. Al acceder al sitio, la prueba se inicia automáticamente, mostrando la velocidad de descarga en megabits por segundo (Mbps); si se desea información adicional solo haciendo clic en Mostrar más información para desplegar más métricas como la velocidad de carga y latencia.” (Webber, 2016).

La estructuración de los datos por edificio permite identificar áreas críticas, o sea, aquellas donde la red no satisface de manera apropiada las necesidades de los usuarios. En numerosas situaciones, estas carencias impactan en lugares esenciales como salones de clases, auditorios o áreas laborales del personal, donde la conectividad resulta crucial para la utilización de plataformas, materiales educativos, aplicaciones institucionales y comunicación digital.

2.2 Distribución de puntos de acceso actuales

La distribución actual de puntos de acceso inalámbricos no logra cubrir adecuadamente la demanda del instituto. La saturación en varios edificios sugiere que la cantidad y ubicación de los APs son insuficientes para la cantidad de dispositivos conectados y el flujo de datos requerido.

Los puntos de acceso están concentrados principalmente en áreas comunes y aulas, pero en muchos edificios, especialmente en plantas altas o zonas periféricas, existen zonas muertas o con señal muy débil. Esto provoca que la red se

congestione en las pocas áreas donde sí hay cobertura, generando una sobrecarga que se refleja en la baja velocidad y alta latencia observadas.

3. Problemas identificados

El análisis integral de la red inalámbrica y su infraestructura en el Instituto Tecnológico de Apizaco revela varios problemas críticos que limitan el rendimiento, la cobertura y la capacidad de crecimiento de la red. Estos problemas impactan directamente en la experiencia de los usuarios y en la operatividad general de la institución.

En primer lugar, la infraestructura de fibra óptica utilizada en la red es obsoleta, basada en el estándar multimodo OM1 (62.5/125 μm). Este tipo de fibra tiene una capacidad máxima teórica limitada a 1 Gbps para distancias de hasta 350 metros, lo que resulta insuficiente frente a las actuales demandas de transferencia de datos y aplicaciones que requieren mayor ancho de banda. Esta limitación genera cuellos de botella en la red que afectan la velocidad y estabilidad general del sistema.

Adicionalmente, aunque la mayoría de la red está basada en fibra óptica, persisten áreas críticas donde se utiliza cableado UTP categoría 5. Este tipo de cable presenta restricciones importantes en cuanto a velocidad máxima y distancia, además de ser vulnerable a interferencias electromagnéticas que pueden degradar la calidad de la conexión. Esta dependencia del cableado UTP en zonas estratégicas reduce la eficiencia global de la red y limita su capacidad para soportar cargas elevadas de tráfico.

Un tercer problema destacado es el mantenimiento deficiente de los IDFs de distribución donde se alojan los equipos de red. La ausencia de programas de mantenimiento preventivo ha ocasionado que este espacio presente desorganización del cableado, acumulación de polvo, falta de ventilación adecuada y condiciones que favorecen el sobrecalentamiento de los dispositivos. Estas condiciones aumentan el riesgo de fallas inesperadas, interrupciones en el servicio y dificultan la gestión eficiente de la infraestructura física.

A continuación, se muestran ilustraciones del estado de los IDFs:



Figura 5.1 – Evidencia del estado físico deteriorado de los racks de comunicaciones.

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Como se puede ver en la figura 4.1 durante la inspección de los cuartos donde se alojan los sistemas de distribución intermedia de red (IDF) en los edificios A, G y Ñ, se identificaron condiciones adversas que comprometen la integridad operativa, estructural y de seguridad de los equipos activos y pasivos de telecomunicaciones. En todos los casos, se hallaron equipos como switches, TP-Link y routers en ambientes con polvo excesivo, residuos acumulados, deficiencias en infraestructura eléctrica y ausencia o deterioro de sistemas de tierra física.

IDF del edificio A

Como se puede visualizar en la ilustración 1 este cuarto de distribución mostró señales evidentes de haber estado expuesto a una inundación previa. La condición general del sitio es crítica en términos de higiene, infraestructura eléctrica y riesgo ambiental.

- **Suelos contaminados:** Se encontró una capa considerable de lodo seco, tierra compacta y residuos sólidos, señales de que el agua alcanzó al menos

la base del rack. Estos restos representan un riesgo potencial de corrosión y contaminación para los equipos y cableado.

- **Humedad y riesgos biológicos:** Se observaron indicios de humedad persistente, con posible formación de hongos o presencia de material contaminante, lo que agrava los riesgos eléctricos y sanitarios del entorno.
- **Tierra física vulnerable:** Se identificó una barra de tierra fijada a la pared, con puntos de contacto que podrían haber sido afectados por la humedad. El estado de oxidación o sulfatación de estas uniones compromete la continuidad de la puesta a tierra, necesaria para la protección del sistema eléctrico.
- **Entorno estructural deficiente:** El cuarto no presenta barreras contra infiltraciones o retorno de agua. Las condiciones del piso y muros indican alta vulnerabilidad ante futuras contingencias similares.

IDF del edificio G

En la ilustración 2 del IDF del edificio G se halló una instalación funcional, pero operando bajo condiciones de polvo acumulado, deficiente organización y sin infraestructura completa de protección eléctrica.

- **Saturación de polvo:** Todos los equipos, incluyendo switches, TP-Link y dispositivos auxiliares, presentaban acumulación visible de polvo en superficies, ventilaciones y conexiones. La alfombra del piso también se encontraba sucia, incrementando el riesgo de acumulación electrostática.
- **Cableado desorganizado:** En la zona inferior del rack, el cableado de datos, alimentación y posiblemente coaxial estaba dispuesto sin canalización ni etiquetado, lo que dificulta el mantenimiento y puede generar interferencias.
- **Ausencia de barra de tierra física:** No se detectó una placa o barra de cobre para tierra física en el cuarto. Esta carencia representa un peligro eléctrico crítico para los equipos, ya que no hay protección ante descargas, sobretensiones ni acumulación de estática. En su lugar se observó un regulador de voltaje, que no sustituye una puesta a tierra estructural.

IDF del edificio Ñ

Como se aprecia en la ilustración 3 El cuarto de telecomunicaciones del edificio Ñ también presentó deficiencias ambientales y estructurales importantes que afectan la operación confiable de la red.

- **Condiciones del piso y entorno:** El área alrededor y debajo del rack mostraba acumulación de polvo, suciedad y residuos, además de señales de humedad previa cerca del muro, lo que sugiere una posible inundación o filtración antigua.
- **Inexistencia de sistema de tierra física:** No se encontró conexión de tierra al rack, lo que representa un riesgo para los equipos instalados frente a descargas eléctricas o picos de voltaje.
- **Equipamiento en mal estado físico:** Aunque no se observan en detalle todos los dispositivos activos, se constató que los switches y componentes visibles estaban cubiertos por polvo, y en condiciones que indican exposición prolongada a ambientes inadecuados para equipos de telecomunicaciones.

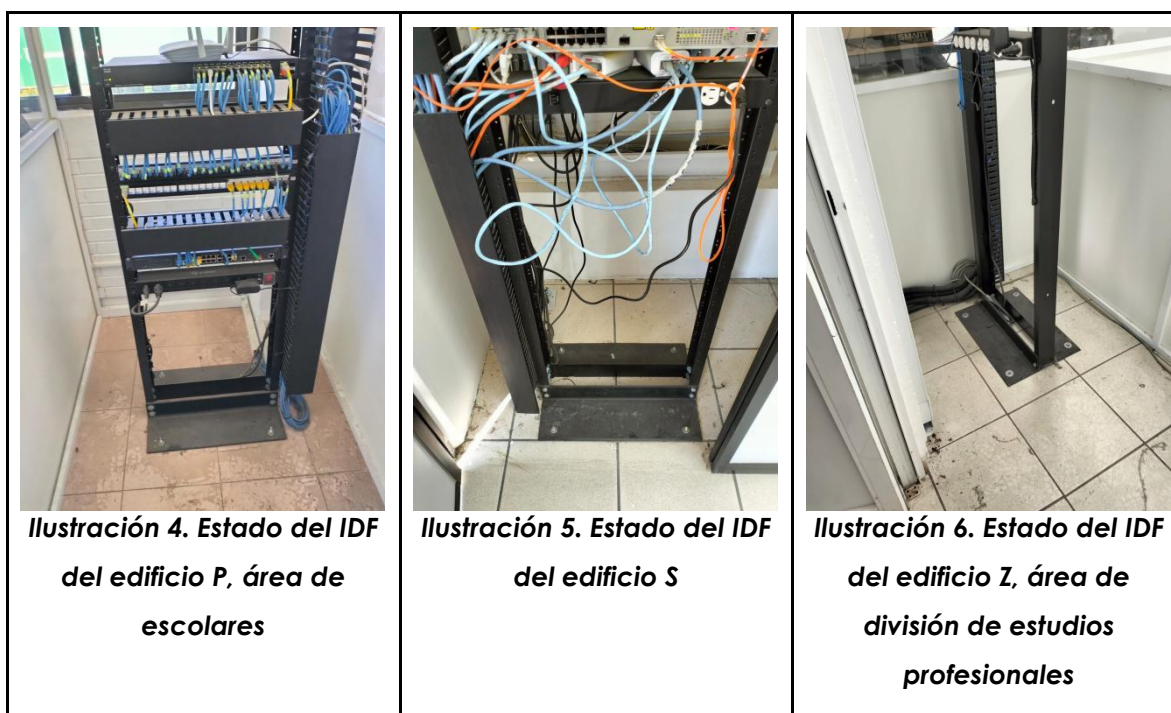


Figura 5.2 – Evidencia del estado físico deteriorado de los racks de comunicaciones.

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Como se puede observar en la figura 4.2 durante la inspección de los cuartos de telecomunicaciones ubicados en los edificios P, Z y S, se identificó que los equipos activos y el entorno inmediato de cada instalación presentaban una acumulación considerable de polvo. Los racks revisados contenían routers, switches, canaletas de cableado y dispositivos de energía que operaban en condiciones que evidencian la falta de mantenimiento físico preventivo.

IDF del edificio P

Como se ve en la ilustración 4 en el área de escolares de todo el cuarto de de telecomunicación se encontraba repleto de polvo en su base y en el área perimetral. A pesar de que el equipo parece estar correctamente instalado y el cableado ordenado, el suelo presentaba manchas, huellas y residuos sólidos que reflejan tránsito constante y una falta de limpieza prolongada. Estos factores contribuyen al riesgo de que los dispositivos activos acumulen polvo en sus ventiladores, conectores o fuentes de alimentación, reduciendo su eficiencia térmica y su vida útil.

IDF del edificio S

En la ilustración 5 se observa que su rack de telecomunicaciones se encontró en funcionamiento, con switches, patch panels y reguladores conectados. Sin embargo, se detectó polvo acumulado tanto en el piso como en las partes bajas del rack y sobre el cableado. La parte posterior y los laterales del equipo muestran organización parcial, pero las condiciones ambientales no son óptimas para garantizar un entorno limpio y libre de contaminantes que puedan afectar los puertos, ventilaciones o fuentes de poder.

IDF del edificio Z

En la ilustración 6 se observó que el rack metálico se encuentra instalado en un espacio abierto, donde el polvo y los residuos visibles en las esquinas del recinto reflejan una exposición constante a partículas en suspensión. Aunque el cableado

estructurado está contenido en canaletas, los alrededores del rack y la base muestran rastros de suciedad que podrían afectar la ventilación natural del equipo.

Asimismo, se detecta que gran parte de los equipos de red instalados, incluyendo switches, routers y puntos de acceso inalámbricos, son antiguos y no cuentan con capacidades tecnológicas acordes con los estándares actuales. Esta obsolescencia limita la velocidad de conexión, la capacidad de procesamiento y la eficiencia en la gestión del tráfico de datos, dificultando además la implementación de funciones avanzadas de seguridad y administración de red.

Para tener un control más preciso de la infraestructura existente, se elaboró un inventario técnico de equipos de red distribuidos por edificio, el cual permitió identificar el estado, características y ubicación de cada dispositivo activo. Este inventario incluye marcas como Cisco, TP-Link, 3COM, Allied Telesyn, Huawei, Dahua y UniFi, con modelos que en muchos casos no cuentan con administración remota, alimentación PoE o capacidades gigabit. También se identificaron múltiples routers domésticos, convertidores de medios antiguos y switches con capacidad limitada o fallas documentadas.

Tabla 6.1 – Inventario general de equipos de red por edificio

Marca	Modelo	No. Puertos	No. Serie	Edificio
Cisco Business	CBS110-24T	24	DNI24520D0L	A
Cisco SG	SG200-26	26 (24+2)	DNI212109ZS	A
Dahua PoE Switch	DH-PFS3006-4ET-36	6	9B09857PAJD4457	A
TP-Link Router	Archer C80 (US)	5	22194W9001961	B
Cisco SG	SG250-26	26 (24+2)	DNI2443008R	B
Cisco Router	SG220-26P	26 (24+2)	DNI2302013U	D
Cisco Router	SG250-26P	26 (24+2)	DNI230108RM	H
Cisco Router	SG200-26	26 (24+2)	DNI190702ZL	J
Cisco Router	SG200-26	26 (24+2)	DNI18520ADN	G

TP-Link Convertidor medios	MC200CM	2F 1E	S2161415003272	G
No-Break	APC-BR1500G	—	3B1201X04722	G
Cisco Router	SG250-26	26	DNI2443007Z	P
Cisco Router	SG200-26P	26 (24+2)	DNI17190303	P
Cisco Router	SG250-26	26	DNI234404XJ	P
Router MicroTik	RB4011iGS+RM	8 UTP 2 Combo	D4490D19C3E2	R
Cisco Router	Catalyst 2960G	28 (20 L + 8 F)	FOC145W4XL	R
UniFi Switch	UDM-Pro	8 LAN, 1 Eth, 2 Fibra	—	R
TP-Link Switch	TL-SG1048	48 Gigabit	2227400000121	X
Cisco Router	SG200-26	26	DNI202718D	Z

En la figura 12.1 se genera el análisis que sustenta la necesidad de reemplazar los dispositivos obsoletos por equipos de última generación que soporten administración remota, alimentación PoE+ y, preferentemente, capacidades gigabit o multigigabit. Esta acción no solo mejoraría el rendimiento de la red, sino que facilitaría su monitoreo, mantenimiento y crecimiento futuro.

Finalmente, como se vio anteriormente el desempeño de la red inalámbrica en diversas zonas del campus es deficiente debido a la saturación de señal y a la distribución inadecuada de los puntos de acceso. Esta saturación provoca que los usuarios experimenten conexiones inestables, velocidades bajas y congestión, especialmente en áreas de alta concentración de dispositivos. La falta de un diseño optimizado para la ubicación y cantidad de puntos de acceso afecta negativamente la cobertura y la calidad del servicio Wi-Fi ofrecido.

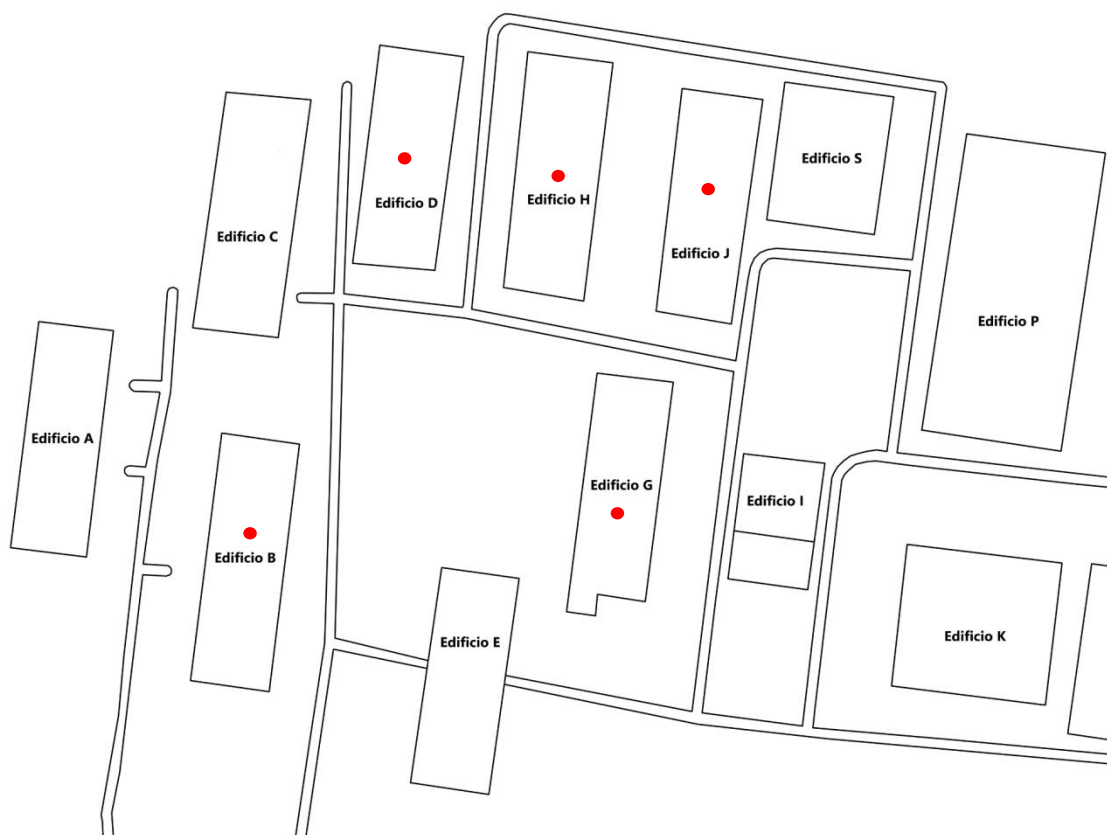


Figura 7.1 Plan de Implementación de Antenas Punto a Punto – Edificios con Baja Cobertura.

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

La figura 5.1 presenta la disposición de los edificios dentro de la zona de cobertura del sitio, donde se han identificado áreas con baja conectividad inalámbrica, las cuales corresponden a los edificios con punto rojo. Los cuales representan una deficiencia en la conexión inalámbrica, esto debido a la falta de puntos de acceso, el tipo de estructura del edificio y la interferencia de árboles de gran tamaño.

En conjunto, estos problemas evidencian la necesidad urgente de una actualización y mantenimiento integral tanto de la infraestructura cableada como de los dispositivos inalámbricos, así como un rediseño estratégico de la distribución de puntos de acceso para garantizar una red más eficiente, escalable y confiable que responda a las exigencias tecnológicas actuales y futuras del Instituto Tecnológico de Apizaco.

4. Requerimientos del Instituto

El Instituto Tecnológico de Apizaco (ITA) alberga una comunidad diversa que incluye docentes, estudiantes y personal administrativo, cada uno con necesidades específicas de conectividad para cumplir con sus funciones académicas, educativas y operativas. La red inalámbrica debe diseñarse y administrarse para responder eficazmente a estos requerimientos, garantizando una experiencia de usuario óptima, seguridad, y alta disponibilidad.

4.1 Usuarios

Docentes: El cuerpo docente requiere acceso confiable y de alta velocidad a recursos digitales, plataformas de gestión educativa, y herramientas de comunicación como videoconferencias, aulas virtuales y colaboración en tiempo real. Además, la movilidad dentro del campus es fundamental para permitir el acceso a la red desde diferentes aulas, laboratorios y oficinas, promoviendo la flexibilidad y eficiencia en la enseñanza. La red debe soportar simultáneamente múltiples conexiones sin degradar la calidad del servicio.

Alumnos: Los estudiantes demandan una conexión estable y rápida para acceder a plataformas de aprendizaje en línea, bibliotecas digitales, enviar tareas, participar en clases remotas y colaborar en proyectos. La cobertura debe extenderse a aulas, áreas comunes, bibliotecas y espacios abiertos para facilitar el aprendizaje tanto presencial como híbrido. La creciente adopción de dispositivos móviles y el aumento en la cantidad de usuarios simultáneos requieren una red capaz de manejar alta densidad de conexiones.

Administrativos: El personal administrativo utiliza la red para ejecutar sistemas de gestión institucional, procesamiento de datos, correo electrónico y otras aplicaciones críticas. Estos usuarios necesitan una red segura y con alta disponibilidad para garantizar la continuidad de los procesos administrativos, la gestión financiera, la comunicación interna y la atención a la comunidad.

4.2 Aplicaciones críticas

La infraestructura de red debe soportar aplicaciones y servicios esenciales que sustentan la operación del ITA:

- **Plataformas educativas (LMS):** Sistemas como Moodle o Blackboard que gestionan cursos, evaluaciones y materiales didácticos, requieren conexiones estables, baja latencia y alta capacidad de datos para asegurar la fluidez en la experiencia de aprendizaje.
- **Sistemas de gestión administrativa:** Incluyen software para el control académico, finanzas, recursos humanos y gestión de infraestructura. Estos sistemas requieren una red fiable, con políticas de seguridad estrictas y capacidad para manejar grandes volúmenes de información en tiempo real.
- **Servicios adicionales:** La red también debe soportar acceso a bases de datos, sistemas de videoconferencia, aplicaciones móviles, servicios en la nube y plataformas colaborativas, que cada vez juegan un rol más importante en la educación moderna.

4.3 Disponibilidad de red

La disponibilidad de la red es un requisito crítico para garantizar que los usuarios puedan acceder a los servicios en cualquier momento y lugar dentro del campus. Para esto, la red debe contar con:

- **Redundancia:** Diseño con enlaces y dispositivos redundantes que eviten puntos únicos de falla.
- **Monitoreo y mantenimiento preventivo:** Sistemas de supervisión continua que permitan detectar y resolver problemas antes de que afecten a los usuarios.
- **Seguridad:** Implementación de protocolos y mecanismos que protejan la integridad, confidencialidad y disponibilidad de la red frente a amenazas internas y externas.
- **Escalabilidad:** Capacidad para crecer y adaptarse al incremento en la cantidad de usuarios, dispositivos conectados y demanda de aplicaciones sin perder rendimiento.

En conclusión, el Instituto Tecnológico de Apizaco requiere una red inalámbrica robusta, segura y flexible, diseñada para cubrir la diversidad de necesidades de sus usuarios y soportar las aplicaciones que permiten su funcionamiento académico y administrativo, asegurando una operación continua, eficiente y alineada con los avances tecnológicos.

Diseño (Implementado por el alumno José Jonathan Pérez Sánchez)

1 Objetivos del rediseño

El rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco surge como respuesta a las deficiencias técnicas y operativas detectadas durante el análisis de la infraestructura existente. Las limitaciones en cuanto a cobertura, velocidad, capacidad de gestión, seguridad y mantenimiento han impactado negativamente en la experiencia de estudiantes, docentes y personal administrativo, afectando incluso el desarrollo de actividades académicas y operativas críticas.

Por ello, este rediseño tiene como objetivo general implementar una infraestructura inalámbrica, flexible, moderna, que atienda las necesidades actuales de conectividad en el campus y permita su crecimiento sostenido en el mediano y largo plazo.

1.1 Mejorar cobertura

Uno de los principales retos detectados fue la distribución irregular de señal Wi-Fi. Diversos edificios presentan zonas muertas, cobertura débil o interferencias causadas por saturación de canales, deficiencia en la ubicación de puntos de acceso e interferencia de la estructura del edificio, así como la interferencia de árboles de gran tamaño. En zonas como los edificios B, C, D, E, F, H, I, J y G, las mediciones revelaron una conectividad nula o inestable, generando desconexión con los sistemas institucionales y limitaciones en el acceso a plataformas educativas.

Para resolver esta situación, se implementarán las siguientes medidas:

Instalación de nuevos puntos de acceso marca H3C modelo WA6620X, con tecnología de antena avanzada, doble banda (2.4 y 5 GHz), capacidad PoE y soporte para ambientes de alta densidad de usuarios. Estos dispositivos están diseñados para ofrecer cobertura de largo alcance y operar en condiciones ambientales variables (certificación IP68), lo que los hace adecuados para aulas, pasillos y zonas exteriores.

Tras la comprobación de la distribución de los puntos de acceso existentes, tras un diagnóstico técnico se identificará los equipos inactivos por daño, desconexión o fallas en el cableado. Los cuales se tendrán que rehabilitar.

Se llevará a cabo el cableado estructurado en el Edificio X, especialmente en aulas que no contaban con acceso a red. Esta acción permite extender la cobertura y distribuir los APs de forma uniforme.

Estas medidas buscan garantizar una cobertura uniforme en todo el campus, eliminando zonas sin señal, reduciendo interferencias y mejorando la experiencia del usuario.

1.2 Escalabilidad y rendimiento

Otro objetivo esencial del rediseño es asegurar que la red inalámbrica no solo cumpla con los requerimientos actuales, sino que también pueda crecer y adaptarse a las futuras demandas del Instituto Tecnológico de Apizaco, tanto en número de usuarios como en la incorporación de nuevas tecnologías educativas y administrativas.

Durante el análisis se identificaron limitaciones estructurales y tecnológicas que afectan el rendimiento general, tales como:

- Cuellos de botella generados por el uso de fibra óptica multimodo OM1, que presenta limitaciones de ancho de banda y distancia.
- Puntos de acceso antiguos que no soportan múltiples conexiones simultáneas ni estándares modernos.

Para garantizar un desempeño sólido y escalabilidad, el rediseño contempla:

- La adopción de tecnología Wi-Fi 5 (802.11ac), compatible con los nuevos APs H3C, lo que mejora la eficiencia en entornos con alta densidad de dispositivos y reduce interferencias. Aunque no se implementará Wi-Fi 6 de forma activa, los equipos permitirán la transición futura sin reemplazos.
- La incorporación de infraestructura PoE+ (Power over Ethernet), que facilita la instalación de puntos de acceso sin necesidad de cableado eléctrico adicional, permitiendo futuras expansiones de forma rápida y con bajo costo operativo.

- La supervisión técnica en la instalación de nueva fibra óptica realizada por el proveedor hacia el Edificio R, que actúa como nodo principal. Esta acción permite una mejora sustancial en el rendimiento del backbone, eliminando las limitaciones impuestas por el cableado OM1 y permitiendo velocidades mayores y menor latencia.
- Se dará la sugerencia a la programación de un mantenimiento preventivo semestral en todos los IDF, especialmente en los equipos afectados por la reciente inundación, para preservar el rendimiento y estabilidad del sistema.

1.3 Topología propuesta

La propuesta de rediseño mantiene la topología física original del Instituto Tecnológico de Apizaco, basada en una estructura jerárquica en estrella, en la cual el MDF (Main Distribution Frame) se localiza en el Edificio R (Centro de Cómputo) y se conecta a cada edificio del campus mediante enlaces de fibra óptica multimodo OM1, hacia los diferentes IDF (Intermediate Distribution Frame).

Dado que esta topología ha demostrado ser funcional a lo largo de los años y facilita la administración centralizada, no se propone modificar su estructura, sino más bien mejorar y fortalecer los enlaces de conexión existentes, la calidad del cableado y la eficiencia operativa general del sistema.

2 Diseño lógico y físico de la red

Diseño físico

El diseño físico de la red se basa en una topología en estrella jerárquica, donde el nodo central o MDF (Main Distribution Frame) se encuentra ubicado en el Edificio R (Laboratorio de Computo). Desde este punto, se distribuye la conectividad hacia los distintos edificios del campus mediante enlaces de fibra óptica que llegan a los cuartos de telecomunicaciones o IDF (Intermediate Distribution Frames).

Es importante aclarar que la topología de la red no será modificada. Se mantendrá el mismo esquema de distribución en estrella, el cual ha demostrado ser funcional en términos de escalabilidad y control. Sin embargo, se realizarán mejoras sustanciales en los enlaces existentes, especialmente en cuanto a calidad de conexión, reorganización de cableado estructurado.

Entre las principales acciones de mejora destacan:

- Ya que, por la demanda de conexión inalámbrica, el instituto realizará la contratación de la instalación del refuerzo de fibra óptica para alcanzar velocidades de hasta 5Gigas por lo cual se realizará la supervisión técnica en la instalación de nueva fibra óptica entre el proveedor y el Edificio R, con el fin de reforzar el backbone de red.
- Reorganización y limpieza de racks de telecomunicaciones en los IDFs, particularmente en aquellos que fueron afectados por la reciente inundación, para evitar fallas futuras por humedad, polvo o sobrecalentamiento.
- Reestructuración del cableado en edificios como el Edificio X, donde se cablearon salones previamente desconectados, permitiendo ahora la integración de nuevos puntos de acceso inalámbrico y estaciones cableadas si es necesario.
- Uso de switches PoE gestionables, lo cual permite alimentar puntos de acceso sin requerir tomas eléctricas adicionales y facilita su gestión remota.

Estas mejoras permitirán optimizar el rendimiento físico de la red sin alterar su estructura base, lo que reduce costos de rediseño total y asegura compatibilidad con la infraestructura ya instalada.

Diseño lógico

Desde el punto de vista lógico, la red será organizada mediante segmentación física, lo que permitirá aislar el tráfico según el perfil del usuario o tipo de dispositivo conectado. Esta organización mejora la seguridad, permite la aplicación de políticas diferenciadas y facilita el diagnóstico en caso de incidencias.

Las segmentaciones físicas que se contemplan son:

- Canal Administrativa: para personal directivo y sistemas internos (jefaturas académicas y puntos de accesos académicos.), cámaras IP.
- Canal estudiantil: acceso a internet (access point) y laboratorios cómputo académico
- Canal de dispositivos institucionales: barreras vehiculares, torniquetes y sensores RFID y alarmas sísmicas.

Este diseño lógico será soportado por switches gestionables, lo cual facilitará la implementación de políticas de seguridad, control de ancho de banda y segmentación por tipo de tráfico.

2.1 Mapa de ubicación de puntos de acceso

En una primera etapa de planeación, se propuso instalar los nuevos puntos de acceso H3C WA6620X en los edificios D, H, J, G y B, ya que estas áreas fueron identificadas como zonas con conectividad deficiente o saturación crítica. Sin embargo, tras realizar pruebas de campo de señal y análisis de propagación en exteriores, se concluyó que estos APs, por su potencia, alcance y resistencia a condiciones ambientales, podían ofrecer mejor cobertura si eran instalados en edificios adyacentes o estratégicamente posicionados frente a dichas zonas.

Como resultado, se decidió instalar los APs H3C en los siguientes edificios:

- Edificio S
- Edificio J
- Edificio H
- Edificio C
- Edificio A

Estos edificios se encuentran ubicados enfrente o detrás de las zonas objetivo (como los edificios D, G y B), y cuentan con las condiciones ideales (altura, visibilidad directa, ubicación central) para maximizar la cobertura inalámbrica exterior e interior, aprovechando las capacidades del modelo H3C WA6620X.

Esta modificación en el diseño responde a una estrategia de implementación basada en pruebas reales, y permitió ampliar significativamente la cobertura de red en zonas donde anteriormente no era posible acceder al servicio Wi-Fi de forma confiable.

A continuación, se muestran un mapa donde se estima la colocación de los equipos:



Figura 8.1 Mapa de cobertura estimada y ubicación propuesta de puntos de acceso inalámbrico.

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

La figura 6.1 muestra un esquema parcial del campus del Instituto Tecnológico de Apizaco, enfocado en los edificios centrales con mayor tráfico de usuarios y con presencia previa de problemas de conectividad. En esta imagen se presentan:

- Lecturas aproximadas de potencia de señal (RSSI) en bandas de 2.4 GHz y 5 GHz por edificio, representadas en valores negativos de dBm.
- Iconos rectangulares naranjas que representan los puntos de acceso inalámbrico propuestos.
- Zonas verdes marcadas que indican áreas donde se ha detectado cobertura deficiente o degradada, las cuales requieren refuerzo o redistribución de señal.

Este mapa se utilizó como base para definir la ubicación final de los nuevos APs H3C WA6620X, optimizando su orientación y altura con el objetivo de cubrir edificios como D, H, J, B, G y zonas comunes externas. Los valores negativos de señal (por ejemplo, -80 dBm en 5 GHz o -72 dBm en 2.4 GHz) reflejan niveles de señal débil o marginal, insuficientes para brindar una experiencia fluida en servicios como plataformas educativas, navegación o videoconferencia.

Cabe mencionar que estos nuevos equipos fueron entregados por el Instituto Tecnológico de Apizaco, como parte del compromiso institucional con el fortalecimiento de su infraestructura tecnológica. La implementación fue realizada con personal del Centro de Cómputo, quienes participaron en la instalación física y validación del funcionamiento de los dispositivos.

3 Selección de tecnologías y equipos

Para garantizar un funcionamiento óptimo y una proyección de crecimiento a futuro, el rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco incluye la selección adecuada de estándares, tecnologías y equipos de red, que permitan una cobertura confiable, capacidad de gestión centralizada, compatibilidad con la infraestructura existente y facilidad de mantenimiento.

La elección de los dispositivos y protocolos se basa tanto en las limitaciones detectadas durante el análisis, como en las propuestas de mejora establecidas en el diseño.

3.1 Estándares Wi-Fi utilizados (802.11ac / Wi-Fi 5)

El estándar seleccionado para este rediseño es IEEE 802.11ac, también conocido como Wi-Fi 5. Esta decisión responde a factores de compatibilidad, costo y estabilidad, ya que gran parte de los dispositivos actuales en el ITA son compatibles con esta versión, y su adopción permite alta velocidad, baja latencia y rendimiento confiable en ambientes de densidad moderada a alta.

Aunque se utilizarán puntos de acceso H3C con soporte para Wi-Fi 6, el sistema operaría inicialmente bajo el estándar 802.11ac, lo que permite:

- Velocidades de transmisión teóricas de hasta 1.3 Gbps en banda de 5 GHz.
- Menor interferencia respecto a la banda de 2.4 GHz.
- Compatibilidad con dispositivos actuales del campus.
- Posibilidad de actualizar a Wi-Fi 6 a mediano plazo sin cambiar el hardware.

Esta estrategia ofrece un equilibrio entre rendimiento y escalabilidad, permitiendo a futuro la activación de nuevas capacidades si la infraestructura de switches y de dispositivos lo permiten.

3.2 Tipo y marca de APs, switches, controladores, etc.

El rediseño contempla la instalación de puntos de acceso marca H3C modelo WA6620X, seleccionados por su resistencia, potencia de cobertura y características técnicas adaptables a entornos de alta densidad y condiciones exteriores.

Características destacadas del modelo H3C WA6620X:

- Soporte para Wi-Fi 6 (802.11ax), compatible con Wi-Fi 5.
- Antenas internas MIMO 4x4:4, optimizadas para múltiples usuarios simultáneos.
- Protección IP68: apto para condiciones exteriores severas.
- Alimentación PoE+ (IEEE 802.3at), ideal para techos, muros y exteriores.
- Tecnología OFDMA y MU-MIMO, mejorando la eficiencia en entornos de alta demanda.



Figura 9.1 – Equipos H3C WA6620X destinados a la red inalámbrica del ITA

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

La Figura 7.1 muestra los puntos de acceso inalámbrico modelo H3C WA6620X, entregados al Instituto Tecnológico de Apizaco para su instalación en el marco del proyecto de rediseño de la red inalámbrica.

El WA6620X es un punto de acceso de alta gama para exteriores, diseñado con soporte para Wi-Fi 6, resistente al clima y optimizado para rendimiento en entornos de alta densidad (H3C, 2024).

En cuanto a switches, ya que los puntos de acceso funcionan con tecnología PoE se consideran equipos gestionables con soporte PoE+, con al menos 24 puertos y

capacidad para definir VLANs, priorizar tráfico mediante QoS y monitorear el estado de los APs conectados. Estos switches permitirán una administración remota eficiente y segura desde el MDF.

3.3 Compatibilidad con fibra OM1 y propuesta de mejora

Durante el análisis se identificó que la fibra óptica OM1 aún está presente en gran parte de la infraestructura, lo que representa un límite técnico en cuanto a velocidad y distancia. OM1 permite teóricamente hasta 1 Gbps en distancias cortas, pero puede generar pérdida de señal o cuellos de botella si se usa para conexiones troncales mayores a 300 m.

Por ello, como parte del proceso de modernización, se propone:

- Instalar una línea nueva de fibra entre el proveedor y el Edificio R, como parte de la solución a la red troncal.
- Recomendar una migración gradual del enlace troncal hacia fibra OM4, que permite velocidades de hasta 10 Gbps a 550 m, o incluso 40 Gbps en distancias menores, con menores pérdidas de señal.

Esta propuesta permite mantener la compatibilidad descendente, al tiempo que se prepara la infraestructura para soportar un mayor tráfico de datos y garantizar el funcionamiento futuro de aplicaciones exigentes.

4 Seguridad y administración

La seguridad y administración son elementos esenciales en el rediseño de una red inalámbrica institucional, ya que garantizan el uso adecuado de los recursos, la protección de la información sensible, la eficiencia del tráfico y la capacidad de monitoreo en tiempo real. En el caso del Instituto Tecnológico de Apizaco, la red actual presenta ausencia de autenticación centralizada y saturación por uso indiscriminado, lo que incrementa el riesgo de incidentes y degrada el rendimiento.

En este rediseño se propone una estrategia de seguridad integral, acompañada de herramientas de administración que permitan la supervisión técnica y el control de acceso por parte del personal del Centro de Cómputo.

4.1 Sugerencias de políticas de acceso

Una red académica debe equilibrar la disponibilidad del servicio con el control de usuarios y dispositivos para evitar saturaciones innecesarias, congestión en el tráfico y usos no autorizados. Para ello, este rediseño contempla una estrategia de control de acceso basada en políticas diferenciadas por perfil de usuario, segmentación por VLAN, y límites de acceso a recursos.

Control por dispositivo (re implementación de autenticación MAC)

Anteriormente, el Instituto Tecnológico de Apizaco contaba con un sistema de autenticación por dirección MAC, mediante el cual cada estudiante tenía derecho a conectar solo un dispositivo a la red institucional. Aunque esta medida fue retirada, se propone su re implementación como mecanismo clave de contención ante la saturación actual de la red.

Actualmente, se estima:

- Alrededor de 1,500 estudiantes activos en el campus.
- Cada uno conecta de 3 a 4 dispositivos a la red (laptops, celulares, tablets, relojes).
- Esto representa más de 5,250 dispositivos conectados simultáneamente.

Cálculo estimado:

1500 estudiantes $\times$ 3.5 dispositivos promedio = 5,250 dispositivos
Con solo 1 Gbps de ancho de banda disponible $\rightarrow$
 $1000 \text{ Mbps} / 5,250 \approx 0.19 \text{ Mbps por dispositivo}$
($\approx 190 \text{ kbps}$), valor insuficiente para navegación básica o videollamadas.

Propuesta

Se recomienda reactivar un sistema centralizado de autenticación MAC, que:

- Limite a dos dispositivos por estudiante registrados por dirección MAC.
- Restringir acceso a recursos de gran tamaño que no están apoyando las actividades académicas.

Este sistema complementaría la autenticación por credenciales del WPA2-Enterprise, y permitiría un mejor control del número real de conexiones, reduciendo la carga en la red sin afectar el acceso legítimo de los usuarios.

4.2 Control de ancho de banda

El control del ancho de banda es un elemento esencial en la administración de una red inalámbrica institucional. En el contexto del Instituto Tecnológico de Apizaco, donde se identificó una capacidad de conexión a internet limitada (1 Gbps) frente a una demanda estimada de más de 5,000 dispositivos conectados simultáneamente, es indispensable implementar mecanismos de gestión de tráfico que permitan garantizar una experiencia aceptable para todos los usuarios, priorizando los usos académicos y administrativos.

El rediseño contempla una estrategia de control del ancho de banda basada en segmentación de tráfico, aplicación de límites por usuario y tipo de dispositivo, y priorización de servicios críticos, con el fin de evitar la saturación, reducir la latencia y distribuir los recursos de forma eficiente.

Medidas propuestas para el control de ancho de banda:

1. Segmentación por tipo Física:
 - Que se utilicen 3 pares de fibra óptica, uno para la conexión de red wi-fi, la segunda red es para los administrativos y el tercero para los accesos.
2. Priorización de tráfico (QoS – Quality of Service):
 - A través de switches gestionables y controladores de red, se configurará QoS para priorizar el tráfico de plataformas educativas (como Moodle o Microsoft Teams) y videoconferencias.
 - También se dará prioridad al tráfico interno institucional y a las operaciones críticas del sistema.
3. Restricciones de servicios y protocolos:
 - Se recomienda implementar políticas de firewall o filtrado de contenido para bloquear servicios de alto consumo no prioritarios, como:
 - Descargas P2P (torrents)
 - Streaming en plataformas no educativas (Netflix, TikTok, etc.)

- Juegos en línea

Esta medida libera ancho de banda para los servicios institucionales.

5 Cronograma y actividades de implementación

La implementación del rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco contempla una serie de actividades estratégicas organizadas en etapas. Estas acciones responden tanto a necesidades operativas detectadas en el análisis.

El enfoque de implementación combina tareas correctivas, preventivas y de expansión, garantizando una transición ordenada hacia la nueva infraestructura, sin afectar los servicios existentes durante el proceso.

5.1 Mantenimiento semestral de IDFs y atención a daños por inundación

Como parte de las mejoras operativas, se ha programado un cronograma de mantenimiento preventivo semestral en los cuartos de telecomunicaciones (IDF) distribuidos en todo el campus.

Este mantenimiento contempla:

- Limpieza interna de IDFs (remoción de polvo, verificación de ventilación).
- Revisión del estado físico y lógico de switches y patch panels.
- Validación del flujo de datos desde el MDF.

Además, se dará atención específica a los IDFs que fueron afectados por una inundación reciente, ya que algunos racks presentaron humedad, oxidación o daños parciales en el hardware. Estas acciones tienen como propósito prevenir fallos eléctricos, pérdidas de conectividad o degradación del rendimiento, y están alineadas con la norma TIA-942, que recomienda mantenimiento periódico en cuartos técnicos para asegurar la continuidad operativa.

5.2 Supervisión de instalación de fibra del proveedor al Edificio R

Durante la etapa de actualización del backbone de red, el proveedor de servicios de internet realizara la instalación de una nueva línea de fibra óptica directa al Edificio R, el cual funciona como nodo central (MDF) de toda la red institucional.

Aunque la instalación se ejecutara por el proveedor, el Departamento del Centro de Cómputo participara activamente en la supervisión y validación técnica del tendido, canalización, pruebas de continuidad óptica y puesta en marcha del enlace. Esta mejora resolverá uno de los principales cuellos de botella identificados en el análisis.

5.3 Cableado del Edificio X (aulas sin red)

Otra acción que se ejecutara es el cableado estructurado del Edificio X, específicamente en salones que no cuentan con conexión de red. Esta intervención incluyó:

- Instalación de canaletas y cableado UTP categoría 6.
- Colocación de cajas de red con jacks en muros.
- Conexión a un IDF intermedio mediante.
- Verificación de conectividad y alimentación para los nuevos puntos de acceso.



Figura 10.1 – Diseño de canalización y distribución de red en el Edificio X

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

La figura 8.1 forma parte del diseño técnico del cableado estructurado en el Edificio X del Instituto Tecnológico de Apizaco. Se ilustran los canales superficiales

instalados para guiar el paso del cableado de red desde el punto de distribución (IDF) hacia las cajas de red con jacks empotrados en muros de aulas y oficinas.

Esta mejora permitió extender la cobertura inalámbrica a espacios previamente desconectados, y sienta las bases para futuras expansiones cableadas en otras zonas similares.

5.4 Revisión y reparación de puntos de acceso existentes

Finalmente, se ha programado una revisión técnica exhaustiva de todos los puntos de acceso inalámbrico actualmente instalados. Esta actividad busca detectar:

- Equipos fuera de servicio por fallas internas.
- Problemas de cableado, conectores sueltos o cortes de alimentación.

Una vez concluida la inspección, se procederá a:

- Retirar o reemplazar equipos dañados, priorizando los edificios con mayor impacto académico.
- Actualizar firmware, nombres de SSID y configuraciones de seguridad.

Este proceso se realizará de forma paralela a la instalación de los nuevos APs H3C, para asegurar que toda la red opere bajo un esquema coherente, moderno y balanceado.

Resumiendo lo anterior se genera la siguiente tabla

Tabla 11.1 – Cronograma de actividades de implementación y mantenimiento

Actividad	Responsable	Estado	Fecha / Frecuencia estimada	Observaciones
Mantenimiento preventivo en todos los IDFs	Centro de Cómputo	Programado	Cada 6 meses	Según recomendaciones TIA-942, incluye limpieza, orden y revisión de equipos.
Atención a IDFs afectados por inundación	Centro de Cómputo / Mantenimiento	Conclusion	Solo cuando sea necesario	Se prioriza restauración física y verificación de continuidad del cableado.
Supervisión de la instalación de fibra óptica (proveedor-Edificio R)	Centro de Cómputo	Concluido	Solo una vez	Se supervisó correcta canalización, tendido y pruebas ópticas del nuevo enlace.

Cableado estructurado del Edificio X	Centro de Cómputo	Concluido	Solo una vez	Aulas previamente desconectadas ya cuentan con red y posibilidad de AP PoE.
Revisión de puntos de acceso existentes	Centro de Cómputo	Concluido	Cada 4 meses	Incluye evaluación técnica, reubicación, actualización o retiro de equipos.
Instalación de nuevos APs H3C en zonas vulnerables	Centro de Cómputo	concluido	Solo una vez	Se colocan estratégicamente en edificios S, J, H, C y A, tras prueba de campo.
Aplicación de autenticación MAC y políticas de acceso	Centro de / Cómputo Sistemas	Sugerencia	Solo una vez	Limitación de dispositivos por estudiante y gestión desde RADIUS.

La Tabla 9.1 presenta el cronograma detallado de las actividades clave de implementación y mantenimiento asociadas al rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco. En ella se incluyen acciones preventivas, correctivas y de expansión, organizadas por estado de avance, responsables técnicos, frecuencia estimada y observaciones relevantes.

Este cronograma permite visualizar de forma clara las tareas ya ejecutadas, en curso y propuesta ante los directivos, y constituye una herramienta de planificación útil para asegurar el seguimiento y la continuidad del proyecto.

Implementación y puesta en marcha (Implementado por el alumno Louis Edwar Tafoya Roldán)

1. Proceso de ejecución del diseño propuesto

La implementación del rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco se llevó a cabo siguiendo un enfoque estructurado, progresivo y validado, con la participación activa del personal del Centro de Cómputo, así como el apoyo logístico del departamento de mantenimiento y colaboración puntual con el proveedor de servicios de internet.

La ejecución del diseño se realizó en varias etapas planificadas, iniciando por las acciones correctivas más urgentes, seguidas de la instalación de nueva infraestructura y culminando con las pruebas de funcionamiento y ajustes finales.

1.1 Secuencia de acciones realizadas

- **Evaluación técnica de los espacios físicos:** Se identificaron los edificios con mayores deficiencias de cobertura (como D, H, J, B y G), y se realizaron pruebas de campo para determinar las ubicaciones óptimas para los nuevos puntos de acceso H3C WA6620X.
- **Revisión de puntos de acceso existentes:** Se llevó a cabo un diagnóstico del estado físico y lógico de los APs en uso, detectando dispositivos dañados, mal ubicados o desconectados por fallas en el cableado.
- **Instalación de nuevos APs:** Los dispositivos proporcionados por el Instituto fueron instalados estratégicamente en edificios S, J, H, C y A, cuya ubicación frontal o trasera permite brindar señal a las zonas vulnerables originalmente identificadas.
- **Supervisión de instalación de fibra óptica al Edificio R:** El proveedor de internet realizó el tendido de un nuevo enlace óptico principal al nodo MDF (Edificio R). El Centro de Cómputo participó en su supervisión, pruebas y validación, asegurando una correcta integración con la red existente.
- **Cableado estructurado del Edificio X:** Las aulas sin conectividad fueron cableadas internamente, permitiendo la conexión de nuevos puntos de acceso o puntos de conexión física.

- **Reorganización de IDFs y mantenimiento correctivo:** En los cuartos de telecomunicaciones se realizó limpieza, reorganización de racks y reemplazo de equipos dañados, especialmente en los IDFs afectados por la inundación previa.

1.2 Colaboración entre departamentos

El proceso fue ejecutado gracias al apoyo del Centro de Cómputo, con apoyo en tareas específicas por parte de:

- Mantenimiento institucional, en tareas de canalización, acceso a ductos, instalación de canaletas y perforaciones.
- Soporte académico, para el acceso a aulas, laboratorios y oficinas durante horarios de baja actividad.
- Proveedores externos, para el tendido e integración de nueva fibra óptica.

Esta colaboración interdepartamental permitió que las actividades se realizaran sin interrupciones mayores al servicio y dentro de los tiempos programados.

1.3 Validación de fases completadas

Cada fase implementada fue verificada a través de:

- Pruebas de conectividad en sitio (velocidad, latencia, estabilidad).
- Revisión física y lógica de los dispositivos instalados.
- Documentación fotográfica y registros internos del Centro de Cómputo.

Este enfoque permitió una implementación ordenada, documentada y con capacidad de seguimiento para futuras mejoras.

2 Instalación de nuevos puntos de acceso

Una de las acciones clave dentro del proceso de implementación fue la instalación estratégica de nuevos puntos de acceso inalámbrico, utilizando dispositivos marca H3C modelo WA6620X, entregados por el Instituto Tecnológico de Apizaco con el propósito de mejorar la cobertura en zonas identificadas como vulnerables o sin conectividad estable.

Estos equipos cuentan con soporte para Wi-Fi 6, alta resistencia ambiental (IP68), compatibilidad con PoE+, y son ideales para ambientes exteriores y espacios con alta densidad de usuarios.

2.1 Ubicaciones definitivas

Aunque originalmente se había planeado instalar los APs en los edificios D, H, J, B y G, tras realizar pruebas de campo, se determinó que la cobertura sería más eficiente si los dispositivos eran colocados en edificios estratégicamente ubicados, desde donde se pudiera proyectar señal hacia las áreas críticas con mejor rendimiento.

Las ubicaciones finales fueron:

- Edificio S
- Edificio J
- Edificio H
- Edificio C
- Edificio A

Estas ubicaciones están enfrente o detrás de los edificios originalmente afectados y ofrecen una mejor línea de vista, menor interferencia y mejor alcance hacia las zonas de alta demanda.



Figura 12.1 – Instalación física de puntos de acceso H3C en edificios del ITA

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Las imágenes de la figura 10.1 documentan el proceso de instalación de los puntos de acceso inalámbrico modelo H3C WA6620X, llevada a cabo por el equipo técnico del Centro de Cómputo. Se observa el montaje de los dispositivos en muros exteriores e interiores de edificios estratégicos como los edificios S, J, H, C y A.

2.3 Técnicas de montaje y cableado

La instalación se realizó conforme a las recomendaciones del fabricante H3C y con base en estándares de cableado y conectividad:

- Montaje exterior o en muros elevados, orientados hacia las zonas a cubrir.
- Uso de cableado UTP categoría 6, conectado desde el IDF más cercano.
- Alimentación eléctrica mediante PoE+ (Power over Ethernet).
- Verificación física de cada punto, instalación segura, y fijación resistente a la intemperie.

3 Integración de infraestructura cableada y enlaces troncales

Una parte fundamental del proceso de implementación fue la integración y fortalecimiento de la infraestructura cableada, tanto a nivel troncal como en la distribución hacia puntos finales. Esto incluyó la supervisión de la instalación de nueva fibra óptica al nodo central, el cableado estructurado de aulas previamente desconectadas y la alimentación adecuada de los nuevos puntos de acceso inalámbrico, asegurando su compatibilidad con la infraestructura existente.

Estas acciones permitieron optimizar la conectividad entre edificios, habilitar nuevas zonas de cobertura inalámbrica y garantizar el correcto funcionamiento de la red de acceso.

3.1 Supervisión de instalación de nueva fibra óptica al Edificio R

El Instituto contrató a un proveedor externo para el tendido de un nuevo enlace de fibra óptica hacia el Edificio R, donde se encuentra ubicado el MDF (Main Distribution Frame) o nodo central de comunicaciones del campus. Aunque la instalación fue realizada por el proveedor, el Centro de Cómputo participó activamente en la supervisión técnica, asegurando:

- Correcta canalización y ductería subterránea.
- Conexión y empalmes limpios en los distribuidores ópticos (LIU).

- Pruebas de atenuación y continuidad del enlace.
- Integración estable con la red troncal interna del ITA.



Figura 13.1 Supervisión del tendido y fusión de fibra óptica hacia el Edificio R (MDF)

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Las imágenes de la figura 11.1 muestra la participación del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco en el proceso de supervisión técnica de la instalación de un nuevo enlace de fibra óptica entre el proveedor de internet y el Edificio R, que funge como nodo central de distribución (MDF) del campus.

La supervisión incluyó no solo el trazado físico subterráneo, canalización y registros, sino también la observación y validación del proceso de fusión de cables de fibra óptica (splicing), el cual es crucial para garantizar una señal de alta calidad y baja atenuación.

Las tareas supervisadas fueron:

- Instalación de ductería y registros entre puntos de acceso.

- Tendido físico de fibra óptica monomodo o multimodo, según especificación del proveedor.
- Fusión por empalme de precisión (fusiones por arco eléctrico) usando equipo especializado.
- Protección de empalmes mediante bandejas y manguitos térmicos.
- Medición de pérdida óptica (mediante OTDR o power meter).

Esta acción permitió mejorar la capacidad del backbone institucional, reducir la latencia y preparar el sistema para futuras ampliaciones de ancho de banda.

3.2 Cableado estructurado en el Edificio X

Como parte del rediseño, se detectó que varias aulas del Edificio X carecían completamente de conexión a red. En respuesta, se realizó el cableado estructurado interno de dicho edificio con el apoyo de departamento de Centro de Computo, lo cual incluyó:

- Tendido de cable UTP categoría 6 hasta los puntos de red de cada salón.
- Montaje de cajas de red con jacks en muro, etiquetados y organizados.
- Conexión al IDF correspondiente y verificación de continuidad.

Esta intervención permitió dotar a todas las aulas del edificio con infraestructura lista para la instalación de puntos de acceso y/o estaciones cableadas, mejorando sustancialmente la cobertura en esta zona.

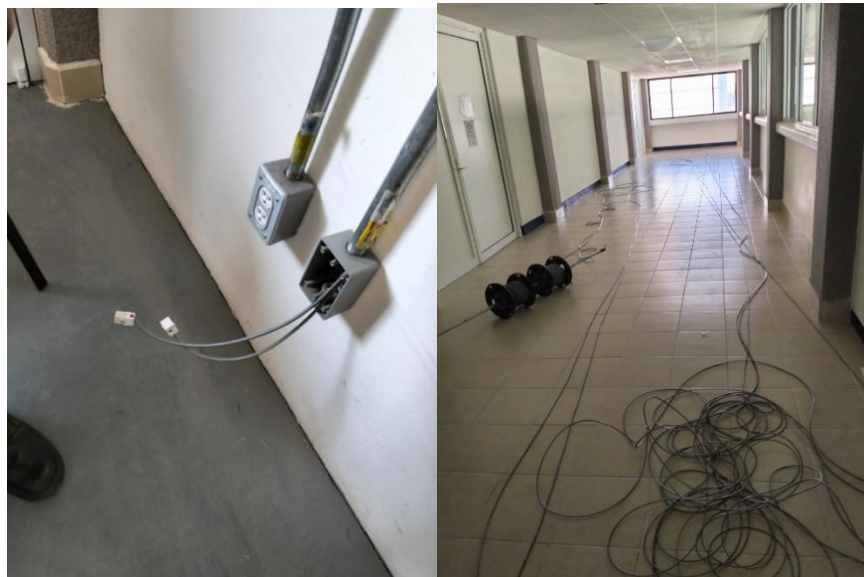




Figura 14.1 Instalación del cableado estructurado en el Edificio X

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

La imagen documenta la ejecución del cableado estructurado del Edificio X, realizada por el Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco como parte del rediseño de la red de datos institucional. El objetivo fue dotar a las aulas del edificio —que anteriormente carecían de conectividad— con salidas de red física listas para computadoras o puntos de acceso inalámbrico.

Las actividades incluyeron:

- Instalación de canaletas superficiales para proteger el cableado.
- Tendido de cable UTP categoría 6, desde el IDF local hasta los salones.
- Montaje de cajas de red con jacks en muro, con placas identificadas y organizadas.
- Integración al switch del IDF, lo que permite alimentar futuros APs.

3.3 Compatibilidad con PoE y conectividad de APs

Los nuevos puntos de acceso inalámbrico instalados, así como los futuros que se agreguen a la red, requieren alimentación eléctrica a través de Ethernet (PoE+). Por ello, se integraron o reutilizaron switches gestionables con soporte para IEEE 802.3at (PoE Plus), los cuales:

- Facilitan la instalación de APs sin necesidad de adaptadores externos.
- Permiten la gestión remota de los equipos (encendido, reinicio, monitoreo).
- Simplifican el mantenimiento y la expansión de la red inalámbrica.

Además, estos switches soportan priorización de tráfico (QoS) y monitoreo SNMP, lo que los convierte en un componente fundamental de la arquitectura de red propuesta.

4 Mantenimiento correctivo y recuperación tras contingencias

Durante el análisis de la infraestructura de red del Instituto Tecnológico de Apizaco, se detectaron deficiencias importantes en varios cuartos de telecomunicaciones (IDF), principalmente relacionadas con falta de mantenimiento, desorganización de cableado y condiciones físicas desfavorables. Esta situación se agravó recientemente por una inundación que afectó a varios edificios, provocando deterioro en racks, humedad acumulada y riesgo de fallos eléctricos o de conectividad.

Como parte del proceso de implementación, se realizaron acciones de mantenimiento correctivo, recuperación y reorganización de los espacios afectados, con el objetivo de restablecer condiciones óptimas de operación y evitar interrupciones futuras en la red.

4.1 Atención a IDFs afectados por inundación

Se identificaron varios IDFs con señales visibles de afectación por humedad, como:

- Polvo y sedimentos acumulados.
- Equipos con mal funcionamiento intermitente o sin alimentación.
- Cableado desorganizado y sin identificación.

Las acciones ejecutadas incluyeron:

- Desconexión y revisión física de switches y patch panels.
- Secado, limpieza profunda y reinstalación de equipos.
- Cambio de organizadores verticales y horizontales deteriorados.
- Solicitar la corrección de cableado desordenado en tiempo de vacaciones, para no afectar los procesos académicos.

Este proceso fue llevado a cabo por el personal del Centro de Cómputo, y en casos de riesgo eléctrico, con apoyo del área de mantenimiento institucional.

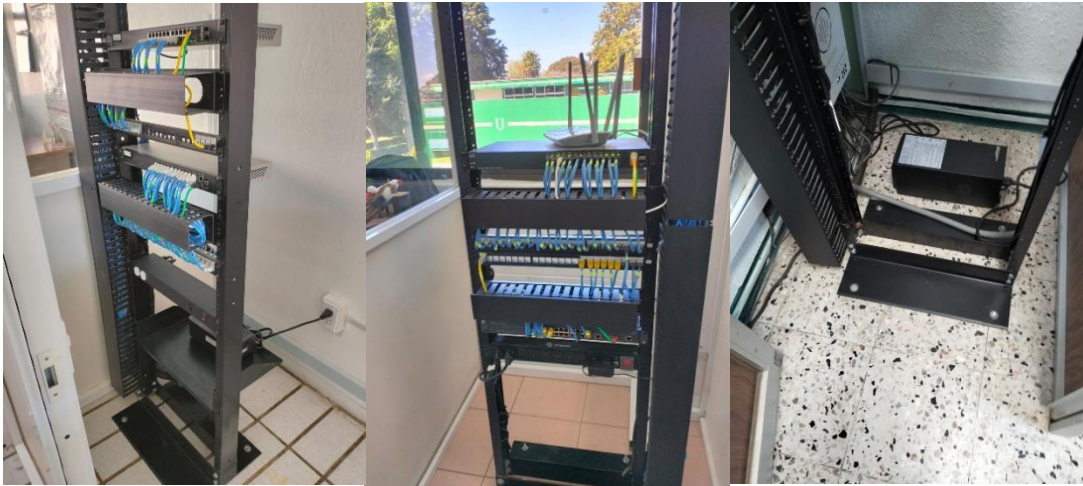


Figura 15.1 IDFs reorganizados y en condiciones óptimas de operación

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Las imágenes de la figura 13.1 muestran el estado actual de los cuartos de distribución intermedia (IDF) del Instituto Tecnológico de Apizaco, tras el proceso de mantenimiento correctivo y reorganización estructural llevado a cabo como parte del rediseño de la red inalámbrica.

Los trabajos realizados incluyeron:

- Limpieza técnica con herramientas especializadas (aire comprimido, aspirado, alcohol isopropílico).
- Reorganización del cableado estructurado, utilizando organizadores horizontales y verticales.
- Verificación de ventilación, energía eléctrica y espacio libre en los racks.
- Sustitución de componentes deteriorados como patch panels u organizadores.

4.2 Sustitución de equipos dañados

Durante las revisiones, se identificaron switches, routers o transceptores de fibra que presentaban:

- Puertos defectuosos.
- Problemas de alimentación.
- Congelamientos o mal desempeño.

Cuando fue posible, estos dispositivos fueron reemplazados por equipos en inventario institucional, o se programó su sustitución dentro de las fases posteriores del rediseño, priorizando las zonas más críticas.



Figura 16.1 – Sustitución de equipos de red en mal estado

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Las imágenes de la figura 14.1 muestran el proceso de reemplazo de equipos dañados en la infraestructura de red del Instituto Tecnológico de Apizaco. Estas acciones se realizaron tras el diagnóstico de fallas en dispositivos ubicados en los IDFs y puntos clave de la red, como parte del mantenimiento correctivo del proyecto.

Los equipos sustituidos incluyeron:

- Switches sin alimentación PoE, con puertos fallando o incompatibles con dispositivos modernos.
- Cajas de red con jacks y cables dañados o sin certificación.

5 Revisión de puntos de acceso existentes

Además de la instalación de nuevos puntos de acceso, el proceso de implementación contempló una evaluación completa de los dispositivos inalámbricos ya instalados en el Instituto Tecnológico de Apizaco, con el fin de

determinar su estado operativo, su ubicación física y su integración con la nueva estructura de red.

Esta revisión fue esencial para aprovechar la infraestructura existente, evitar duplicidad de cobertura, y corregir problemas asociados a mal funcionamiento, desconexión o instalaciones inadecuadas.

5.1 Diagnóstico de fallas

Durante la revisión técnica se detectaron diversos problemas, entre los que destacan:

- Equipos fuera de funcionamiento, debido a daño físico, fallas de alimentación PoE o firmware desactualizado.
- Puntos de acceso desconectados, por cableado defectuoso, cajas de red con jacks sueltos o switches sin energía.
- SSID y configuraciones no uniformes, lo que causaba pérdida de conexión o necesidad de reconexión manual del usuario.

5.2 Recuperación o baja de equipos

Una vez diagnosticados los equipos, se tomaron las siguientes medidas:

- Reconfiguración de APs funcionales, actualizando firmware, estandarizando SSID, activando cifrado WPA2 o WPA3.
- Baja y retiro de dispositivos que no pudieron ser recuperados por daños en hardware, sobrecalentamiento crónico o incompatibilidad con los nuevos switches PoE.

Los equipos que fueron retirados fueron documentados y almacenados por el Centro de Cómputo, para uso futuro en pruebas o como repuestos si su estado lo permite.

IV. Resultados

1. Evaluación de la cobertura inalámbrica

Una de las metas principales del rediseño de la red inalámbrica en el Instituto Tecnológico de Apizaco fue eliminar las zonas sin cobertura Wi-Fi, mejorar la intensidad de señal en edificios críticos y garantizar una conectividad estable en todo el campus. Para evaluar el impacto de las acciones realizadas, se llevaron a cabo pruebas de campo antes y después de la implementación en las áreas previamente identificadas como problemáticas.

Estas pruebas incluyeron mediciones de intensidad de señal, zonas con conectividad inestable o nula, y observaciones directas del comportamiento de la red inalámbrica con los nuevos puntos de acceso en operación.

1.1 Comparación de cobertura antes y después

Durante el análisis inicial, se detectaron al menos en 7 edificios con conectividad inexistente o altamente inestable, entre ellos los edificios: C, D, G, H, I, J y B. La causa principal fue la ausencia de puntos de acceso o la saturación de los existentes.

Tras la instalación de los nuevos puntos de acceso H3C en edificios estratégicos (S, J, H, C y A), se observó:

- Cobertura extendida hacia las zonas detrás y enfrente de estos edificios.
- Recepción de señal estable en interiores donde antes no se tenía conexión.
- Disminución de interferencias por superposición de APs o canales mal configurados.

1.2 Eliminación de zonas muertas

Las pruebas de campo realizadas luego de la implementación evidenciaron que las zonas muertas detectadas previamente en edificios como J, B, G, H y D fueron cubiertas exitosamente desde los nuevos puntos de acceso exteriores. En zonas abiertas, como explanadas, pasillos y accesos, se obtuvo señal suficiente para navegación estándar y acceso a plataformas educativas.

Esto fue posible gracias a la correcta orientación, altura y potencia de los APs H3C WA6620X, cuyo alcance permite cubrir grandes áreas exteriores sin necesidad de equipos adicionales.

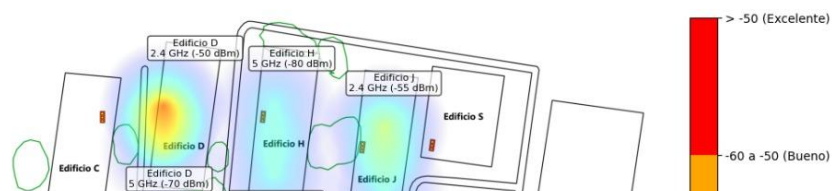


Figura 17.1 – Mapa de calor de cobertura inalámbrica con puntos de acceso instalados

(Recuperado de los archivos en línea del Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco, 2025).

Como se muestra en la figura 15.1 se logra el objetivo de evaluar la cobertura y calidad de la red inalámbrica implementada en el área de estudio, se llevó a cabo una inspección mediante un Wi-Fi Heatmap (Mapa de Calor Wi-Fi que es un tipo de visualización permite representar gráficamente los niveles de intensidad de señal Wi-Fi en diferentes puntos del entorno). Con esto se facilita la identificación de zonas con buena cobertura, áreas críticas y posibles interferencias. La medición se realizó luego de colocar estratégicamente puntos de acceso en edificios clave que, por su ubicación, uso y afluencia de personas, requerían una conectividad eficiente y estable.

Para el levantamiento de información se utilizó la aplicación WiFiman, una herramienta especializada que permite realizar mediciones precisas de intensidad de señal en tiempo real, tanto en la banda de 2.4 GHz como en la de 5 GHz. El equipo técnico recorrió de forma sistemática cada sección del mapa, capturando datos en diferentes puntos para construir un modelo representativo del comportamiento de la señal.

Durante el proceso se tomó nota del valor de potencia de señal en dBm (decibelios-milivatios), el cual es un parámetro estándar para medir la intensidad de la señal recibida por un dispositivo. Se consideró también el ancho de canal

configurado en cada punto de acceso, ya que esto influye en la capacidad de transmisión y la susceptibilidad a interferencias.

El mapa resultante fue superpuesto sobre un plano arquitectónico que incluye los edificios de interés, así como elementos naturales (vegetación, árboles) y estructuras físicas relevantes (pasillos, muros, caminos). La escala cromática utilizada para representar los niveles de intensidad de la señal se basa en el siguiente rango de valores en dBm:

- **Rojo intenso (> -50 dBm):** indica una señal excelente, ideal para actividades que requieren alto ancho de banda como videollamadas en HD, juegos en línea o transmisiones en tiempo real sin latencia
- **Naranja (-60 a -50 dBm):** representa una señal buena, que permite navegación fluida, descargas, videoconferencias y otras tareas comunes sin mayores inconvenientes
- **Amarillo (-70 a -60 dBm):** corresponde a una señal regular, suficiente para navegación básica y mensajería, pero que podría presentar lentitud o caídas momentáneas
- **Verde y azul (< -70 dBm):** indican una señal débil o muy débil, que compromete seriamente la estabilidad de la conexión, puede generar desconexiones frecuentes, baja velocidad o imposibilidad de conexión

Este sistema de colores facilita identificar zonas críticas y tomar decisiones correctivas sobre la ubicación, configuración o número de puntos de acceso.

2 Análisis de velocidad y estabilidad de red

Además de mejorar la cobertura, otro de los objetivos centrales del rediseño de la red inalámbrica fue mejorar la velocidad de conexión y la estabilidad del servicio, especialmente en aquellas áreas donde anteriormente se reportaban problemas graves de saturación, lentitud y alta latencia.

Para evaluar el impacto de las acciones implementadas, se realizaron pruebas de velocidad (download/upload) y latencia antes y después de la instalación de los nuevos puntos de acceso, la reorganización del cableado, y la reactivación de enlaces inactivos. Estas pruebas se realizaron utilizando herramientas como Speedtest.net y mediciones locales a través de ping y tracert.

2.1 Medición de velocidad por edificio (antes y después)

A continuación, se muestra una tabla comparativa con los resultados de velocidad de descarga (download), carga (upload) y latencia promedio en algunos edificios representativos antes y después del rediseño:

Tabla 18.1 – Comparativo de velocidad y latencia antes y después del rediseño

Edificio	Velocidad antes	Velocidad después	Latencia antes	Latencia después
D	Sin conectividad	14 Mbps / 8 Mbps	—	26 ms
B	Red congestionada	18 Mbps / 11 Mbps	>300 ms	24 ms
G (Planta Alta)	0.06 Mbps / 6.8 Mbps	20 Mbps / 15 Mbps	1400 ms	27 ms
H	Sin conectividad	15 Mbps / 9 Mbps	—	28 ms
C	Sin conectividad	16 Mbps / 10 Mbps	—	25 ms
A	4.8 Mbps / 6.3 Mbps	25 Mbps / 20 Mbps	48 ms	18 ms

La tabla 16.1 muestra los resultados comparativos de velocidad de descarga, carga y latencia promedio en varios edificios del Instituto Tecnológico de Apizaco antes y después de la implementación del rediseño de la red inalámbrica. Se observa una mejora sustancial en conectividad, especialmente en zonas que anteriormente presentaban saturación o falta total de servicio.

2.2 Reducción de latencia y pérdida de paquetes

Las mediciones de latencia muestran una disminución significativa, lo que indica una mejora sustancial en la calidad de servicio. Las pruebas realizadas a servidores internos e internet evidencian tiempos de respuesta estables, sin pérdidas de paquetes ni interrupciones prolongadas.

Antes del rediseño, muchos usuarios experimentaban tiempos de espera superiores a 300 ms o incluso fallas totales de conexión; tras la reconfiguración, la latencia promedio se redujo a valores entre 18 y 30 ms, adecuados para navegación, trabajo en la nube, y videoconferencias educativas.

3 Funcionamiento de los nuevos puntos de acceso

La instalación de los nuevos puntos de acceso marca H3C modelo WA6620X representó una de las intervenciones más significativas del rediseño de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco. Estos dispositivos fueron

estratégicamente ubicados en edificios desde donde pudieran proyectar señal a las zonas críticas, basándose en pruebas de campo realizadas.

Este apartado presenta una evaluación técnica del desempeño de dichos APs, comparando la cobertura proyectada vs. la cobertura real tras su instalación.

3.1 Cobertura proyectada vs. cobertura real

La planeación inicial propuso instalar los APs H3C en edificios D, H, J, G y B, pero tras pruebas de campo se optó por ubicarlos en S, J, H, C y A, edificios estratégicos que rodean o están adyacentes a las zonas más afectadas por falta de cobertura.

Tras su instalación, se verificó que:

- La cobertura proyectada coincide con la cobertura real esperada.
- Los APs fueron capaces de alimentar de señal áreas exteriores e interiores adyacentes, como explanadas, pasillos, escaleras y accesos.
- La señal alcanzó zonas anteriormente sin conectividad (como los edificios D y B), sin necesidad de APs adicionales.

3.2 Desempeño de los APs H3C instalados

Durante las pruebas realizadas posterior a su instalación, se observó lo siguiente:

- Estabilidad de conexión constante, sin reinicios ni cortes inesperados.
- Alta capacidad de gestión de usuarios simultáneos (más de 40 dispositivos conectados por AP en pruebas).
- Uso eficiente del ancho de banda disponible, gracias a su soporte de múltiples streams (MU-MIMO) y arquitectura Wi-Fi 6.
- Compatible con switches PoE+ sin necesidad de adaptadores adicionales.
- Señal robusta en condiciones exteriores (lluvia ligera, cambios de temperatura, interferencia urbana).

3.3 Observaciones operativas

- Se detectó la necesidad de realizar ajustes de potencia de emisión para evitar interferencias con APs vecinos.
- En ciertas zonas con alta concentración de usuarios (salida de aulas o zonas comunes), se considerará en el futuro la instalación de un AP adicional o reubicación táctica.

- Los dispositivos fueron integrados exitosamente a la plataforma de monitoreo y gestión del Centro de Cómputo, lo que permite ver en tiempo real su estado, usuarios conectados, y tráfico consumido.

4 Verificación de infraestructura cableada

Además de las mejoras en la red inalámbrica, el rediseño contempló la revisión, ampliación y consolidación de la infraestructura de red cableada, con el objetivo de garantizar el soporte físico necesario para alimentar los puntos de acceso, mejorar la conectividad de aulas y oficinas, y asegurar la comunicación entre edificios a través de enlaces troncales estables.

En esta etapa se validó el estado operativo del cableado estructurado instalado en fases anteriores, así como la correcta integración de switches, racks, enlaces ópticos y equipos de distribución.

4.1 Operatividad del Edificio X

Durante el análisis se detectó que el Edificio X carecía de conectividad en varios salones, lo que limitaba el acceso a plataformas digitales y la instalación de puntos de acceso.

Después de realizar el cableado estructurado en este edificio, se validó lo siguiente:

- Instalación correcta de canaletas y cable UTP categoría 6.
- Cajas de red con jacks verificados con herramienta de prueba de continuidad.
- Integración exitosa al IDF del edificio, con conexión a switch.
- Aulas listas para conexión de computadoras o APs adicionales.

Esto habilita al Edificio X para servir como nodo autosuficiente dentro de la red, con posibilidad de crecimiento futuro.

4.2 Estado final de los IDFs y enlaces troncales

Tras la ejecución del plan de mantenimiento correctivo, los cuartos de telecomunicaciones (IDF) fueron verificados con el siguiente resultado:

- Limpieza profunda realizada, eliminando polvo y residuos por humedad.
- Verificación de puertos en switches, incluyendo troncales hacia el MDF.

- Distribución de enlaces ópticos y cobre conforme a la topología lógica.
- Enlaces activos estables, sin pérdidas de paquetes ni errores de capa física.

Se confirmó también la operatividad del nuevo enlace de fibra óptica del proveedor hacia el Edificio R, asegurando que el MDF tenga una conexión directa de alto rendimiento a internet.

4.3 Funcionamiento de switches PoE y enlaces a APs

Se verificó el estado de los switches que alimentan los nuevos puntos de acceso H3C:

- Todos los APs reciben alimentación estable a través de PoE+ (IEEE 802.3at).
- Los switches permiten monitoreo remoto y diagnóstico en tiempo real.
- No se reportaron sobrecargas ni fallos en el suministro eléctrico por PoE.

Tabla 19.1 – Verificación de infraestructura cableada por zona

Elemento verificado	Resultado	Observaciones
Cableado en Edificio X	Correcto y activo	Aulas listas para conexión de APs o PCs
Racks e IDFs afectados por inundación	Recuperados	Con limpieza, ventilación y mantenimiento preventivo
Enlaces de fibra óptica troncales	Estables y funcionales	Incluye nueva fibra del proveedor al Edificio R
Switches PoE alimentando APs	En funcionamiento sin fallas	Soporte completo a alimentación y tráfico de red

Esta tabla 17.1 presenta un resumen del estado final de la infraestructura cableada luego de su revisión e integración. Se validaron enlaces troncales, cuartos de distribución, cableado en aulas clave y la operación de switches PoE, confirmando su funcionamiento estable y su compatibilidad con los elementos de red inalámbrica instalados.

5 Conclusiones generales de la implementación

Tras la ejecución del rediseño y mejora de la red inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco, los resultados obtenidos demuestran una mejora significativa en todos los aspectos evaluados: cobertura, velocidad, estabilidad, organización de la infraestructura y control administrativo del servicio.

Esta implementación no solo resolvió problemas técnicos previamente identificados, sino que también sentó las bases para una red más escalable, segura y funcional, preparada para las necesidades actuales y futuras de la comunidad académica.

5.1 Cumplimiento de objetivos técnicos

Los objetivos planteados en el diseño fueron alcanzados en su mayoría:

- Se eliminaron zonas sin cobertura Wi-Fi, gracias a la instalación estratégica de APs H3C.
- Se logró una mejora sustancial en la velocidad y la latencia de conexión.
- La reorganización y mantenimiento de la infraestructura permitió recuperar y estabilizar los cuartos de telecomunicaciones (IDF).
- Se redujo el uso excesivo de la red por dispositivos no autorizados o mal gestionados.

5.2 Lecciones aprendidas

Durante el proceso de rediseño e implementación, se identificaron varios aspectos relevantes:

- La colaboración interdepartamental (Centro de Cómputo, Mantenimiento, Proveedores) fue clave para ejecutar tareas técnicas de manera eficiente.
- La planificación flexible permitió ajustar decisiones técnicas en campo, como la reubicación de APs.
- El seguimiento documental y técnico de cada acción facilitó la validación final y la posibilidad de replicar el modelo en futuras expansiones.
- Aun con infraestructura antigua (fibra OM1, switches heredados), es posible mejorar significativamente la calidad del servicio mediante optimización del uso de recursos existentes.

5.3 Posibilidades de mejora a mediano plazo

Aunque los resultados son positivos, se identifican oportunidades de mejora a considerar en fases futuras:

- Ampliar la capacidad de ancho de banda contratada (>1 Gbps) para cubrir la creciente demanda.

- Expandir la autenticación MAC a todos los usuarios y dispositivos del campus.
- Sustituir enlaces troncales de fibra OM1 por estándares superiores (OM4 u OM5), para aumentar capacidad y reducir atenuación.
- Integrar la red a plataformas de monitoreo inteligente, con alertas y reportes automáticos.

V. Conclusiones

El presente proyecto de Rediseño y Administración de la Red Inalámbrica del Instituto Tecnológico de Apizaco ha representado una intervención profunda y estratégica en la infraestructura de telecomunicaciones de la institución, abordando problemáticas críticas que afectaban la calidad del servicio, la cobertura, la seguridad y la capacidad de crecimiento de la red.

Desde el diagnóstico inicial se evidenció que el modelo anterior de red inalámbrica presentaba múltiples deficiencias: zonas sin cobertura, saturación por exceso de dispositivos conectados, infraestructura obsoleta, falta de mantenimiento en los cuartos de telecomunicaciones (IDF) y escasa capacidad de administración centralizada. Ante este escenario, el proyecto planteó una solución integral, basada en estándares internacionales, buenas prácticas técnicas, y el aprovechamiento inteligente de los recursos existentes.

La implementación logró recuperar zonas desconectadas, mejorar la velocidad y estabilidad de la red, reorganizar físicamente los espacios técnicos, como la segmentación física. Se instalaron nuevos puntos de acceso de alto rendimiento (H3C WA6620X), se cablearon aulas sin conexión y se verificó el funcionamiento de enlaces troncales y switches PoE, demostrando un avance tangible en la calidad del servicio.

Además, el proyecto dejó establecida una estructura escalable, segura y estandarizada, capaz de adaptarse a nuevas necesidades tecnológicas del Instituto, como el crecimiento en el número de usuarios, el uso intensivo de plataformas en la nube, la integración de dispositivos móviles y la digitalización de los procesos académicos y administrativos.

Este rediseño no solo soluciona los problemas actuales, sino que también marca un precedente institucional, mostrando que, con planeación técnica, colaboración interdepartamental y visión de futuro, es posible modernizar las redes de comunicación sin depender completamente de costosas infraestructuras nuevas, sino optimizando y actualizando lo que ya se tiene con criterios técnicos sólidos.

Finalmente, este proyecto aporta una ruta clara para futuras mejoras: aumentar el ancho de banda institucional, migrar a tecnologías ópticas de mayor capacidad,

automatizar la gestión de red, y fortalecer la ciberseguridad en todos los niveles. La red inalámbrica del ITA, más que un servicio de soporte, se consolida como un eje estratégico para la educación digital, la investigación y el desarrollo académico del presente y del futuro.

VI. Competencias desarrolladas y/o aplicadas

El presente proyecto de Rediseño y Administración de la Red Inalámbrica para el Instituto Tecnológico de Apizaco fue llevado a cabo por un equipo de tres integrantes, quienes trabajaron de manera conjunta y coordinada para diagnosticar, diseñar, implementar y documentar mejoras sustanciales en la infraestructura de red del instituto.

A lo largo del proyecto se desarrollaron y aplicaron diversas competencias profesionales, técnicas y transversales, que permitieron abordar con éxito los retos del entorno real. A continuación, se describen las principales competencias fortalecidas por el equipo:

1. Diagnóstico y análisis de redes

Cada integrante participó activamente en el levantamiento de información técnica en campo, revisando el estado de los IDFs, cobertura inalámbrica, velocidad de conexión, tipo de cableado y condición del equipamiento. Se utilizaron herramientas de análisis y pruebas de conectividad para identificar zonas críticas y tomar decisiones basadas en evidencia.

2. Planeación y diseño de soluciones de red

El equipo diseñó conjuntamente la solución de red, la ubicación estratégica de nuevos puntos de acceso, y la redistribución del cableado estructurado en aulas desconectadas. Se aplicaron criterios de escalabilidad, compatibilidad tecnológica y eficiencia operativa.

3. Implementación de infraestructura

Cada integrante contribuyó en tareas de instalación de canaletas, tendido de cables, montaje de APs, organización de IDFs, revisión de switches PoE y verificación de enlaces de fibra óptica, incluyendo la supervisión del proceso de fusión de fibra por parte del proveedor. Esta fase fue ejecutada con orden técnico y apego a estándares.

4. Aplicación de normas y buenas prácticas

Durante todo el proyecto se respetaron lineamientos técnicos internacionales y nacionales como TIA/EIA-568, NOM-001-SEDE, IEEE 802.3 y 802.11ac/ax, asegurando

que tanto el diseño como la implementación cumplieran con los requerimientos de calidad y seguridad.

5. Gestión de seguridad y administración de red

Se propuso la segmentación del tráfico por segmentación física, el control de dispositivos mediante autenticación MAC, así como el monitoreo del tráfico y del uso de los puntos de acceso. Estas medidas buscan proteger la red y mejorar el aprovechamiento del ancho de banda disponible.

6. Trabajo colaborativo, liderazgo y comunicación

La naturaleza del proyecto exigió un alto grado de coordinación entre los tres integrantes, quienes distribuyeron las responsabilidades de manera equitativa, aportaron sus conocimientos específicos y mantuvieron una comunicación constante con el Centro de Cómputo, proveedores y personal administrativo. También se generó la documentación técnica y gráfica necesaria para sustentar el trabajo realizado.

7. Responsabilidad profesional y ética institucional

Se asumió con seriedad el compromiso de proponer soluciones viables, optimizar recursos disponibles, evitar desperdicio de materiales, y documentar los cambios de forma clara para su posterior mantenimiento. Las decisiones se tomaron priorizando la operatividad continua de los servicios educativos y administrativos del ITA.

VIII. Glosario

Fibra óptica: La fibra óptica es un filamento de material dieléctrico, como el vidrio o los polímeros acrílicos, capaz de conducir y transmitir impulsos luminosos de uno a otro de sus extremos. Estos hilos pueden llegar a ser tan finos como un pelo y por ellos se transfiere una señal luminosa desde un extremo del cable hasta el otro. (Albarrán, 2024)

Fibra OM1: La fibra OM1 suele llevar una cubierta de color naranja y tiene un tamaño de núcleo de 62,5 μm . Puede soportar el 10 GbE (10 Gigabit Ethernet) en longitudes de hasta 33 metros. (Fs, n.d.)

Fibra OM2: La fibra OM2 también tiene una cubierta de color naranja y utiliza una fuente de luz LED, pero con un núcleo más pequeño, de 50 μm . Es capaz de soportar el 10 GbE en distancias de hasta 82 metros, pero se usa más habitualmente en aplicaciones de 1GbE. (Fs, n.d.)

Fibra OM3: La fibra OM3 tiene una cubierta de color aguamarina. Su núcleo mide 50 μm , igual que la OM2, pero el cable está optimizado para equipos basados en láser. Este tipo de fibra soporta el 10 GbE en longitudes de hasta 300 metros. (Fs, n.d.)

Fibra OM4: La fibra OM4 es completamente retrocompatible con la fibra OM3 y comparte la misma cubierta de color aguamarina distintiva. La OM4 se desarrolló específicamente para la transmisión láser VSCSEL y permite una distancia máxima 550 m para los enlaces de 10 Gb/s. (Fs, n.d.)

Fibra OM5: La fibra OM5 también conocida como WBMMF (wideband multimode fiber o fibra multimodo de banda ancha), es el tipo de fibra multimodo más reciente y es retrocompatible con la OM4. Esta fibra está diseñada y especificada para soportar al menos cuatro canales WDM con una velocidad mínima de 28 Gb/s por canal en la ventana de 850-953 nm. (Fs, n.d.)

Cable UTP: El cable UTP es un tipo de cable de cobre compuesto por pares de cables trenzados que minimizan la interferencia y la diafonía. Es ampliamente

utilizado en redes Ethernet para enviar datos de manera eficiente. (UTP: ¿Qué Es? | Lenovo México, n.d.)

Cableado estructurado: es el conjunto de cables, conectores, canalizaciones y dispositivos que componen la infraestructura de telecomunicaciones interior de un edificio o recinto. (Albarrán, 2023)

Backbone: es una línea o conjunto de líneas a las que las redes de área local se conectan para tener conexión de red de área amplia (WAN) o dentro de una red de área local (LAN) para abarcar distancias de manera eficiente (por ejemplo, entre los edificios). (Backbone, n.d.)

Rack de comunicación: Es una estructura metálica de diseño sencillo. Tiene como principal finalidad alojar aquellos equipos, redes y sistemas de telecomunicaciones, como servidores, switches, ordenadores, sistemas de redes y telefonía, junto con todo el cableado necesario para su correcto funcionamiento. (Simplemx, 2025)

Main Distribution Frame (MDF): es un elemento esencial de la estructura de red que funciona como el concentrador principal de todos los cables de red en un edificio o campus. Es donde las redes externas se intersecan con la red interna, proporcionando un punto centralizado para gestionar y enrutar la transmisión de datos. (¿What Is MDF in Networking? Importance & Function Explained, n.d.)

Intermediate Distribution Frame (IDF): recibe las conexiones de red recibidas del MDF y las distribuye a áreas específicas dentro del edificio o instalación. Al colocar los IDF estratégicamente en las instalaciones, se pueden mantener cables de red relativamente cortos, lo que minimiza la degradación de la señal y mejora el rendimiento general de la red. (Betti, 2025)

Topología en estrella: es una estructura de red donde todos los dispositivos y puntos de conexión están vinculados a un centro central. Estas redes son comunes en la informática moderna, ya que ofrecen conexiones confiables y eficientes entre varios dispositivos. (Topología En Estrella: ¿Qué Es? | Lenovo México, n.d.)

Switch: son dispositivos cuya principal utilidad es que permiten interconectar varios dispositivos a la red, como ordenadores, impresoras y servidores en una sola red a través del cableado, y compartir información entre ellos. (TP-Link, n.d.)

Router: los routers conectan a los usuarios a las redes locales y a Internet, donde se realizan casi todas las actividades. (¿Qué Es Un Router? - Definición Y Usos, 2021)

Punto de acceso (Access Point, AP): es un dispositivo de red que permite que los dispositivos con capacidad inalámbrica se conecten a una red cableada. (¿Qué Es Un Punto De Acceso?, 2021)

Hubs: es un dispositivo que vincula múltiples computadoras y dispositivos. También conocidos como repetidores o concentradores, los hubs sirven como el centro de una red de área local (LAN). (¿Qué Es Un Hub? Cómo Funciona | Lenovo México, n.d.)

Convertidor de medios: cambia el formato de una señal con UTP Cat5 basada en Ethernet a un formato compatible con cables de fibra óptica. En el extremo del cable de fibra, se usa un segundo conversor de fibra a UTP para cambiar los datos a su formato original. (Fs, n.d.)

No-Break (UPS): son sistemas de alimentación de energía ininterrumpida cuyo objetivo es que los aparatos no sufran de un corte repentino de energía que pueda dañar sus circuitos internamente, brindando una batería de respaldo por un tiempo muy limitado para poder guardar información importante o hacer un correcto apagado del equipo. (No Break, UPS O Regulador De Voltaje ¿Cuál Debería Usar?, n.d.)

Firewalls: es un dispositivo de seguridad de red que separa una red interna confiable de una red externa considerada no confiable, como internet. Regula el tráfico de red entrante y saliente según reglas de seguridad predefinidas. (Cisco Secure Firewall: First Line of Defense, 2025)

Protocolos de red: un protocolo es un conjunto de reglas para formatear y procesar datos. Los protocolos de red son como una lengua franca para los ordenadores. Los ordenadores de una red pueden utilizar software y hardware muy diferentes; sin

embargo, el uso de protocolos les permite comunicarse entre sí. (¿Qué Es Un Protocolo? | Definición De Protocolo De Red | Cloudflare, n.d.)

Estándares de red: Los estándares de red son un conjunto de normas y protocolos establecidos para asegurar la interoperabilidad y comunicación eficiente entre dispositivos y sistemas en una red. Organizaciones como IEEE, IETF e ISO son responsables de desarrollar y mantener estos estándares, entre los cuales se incluyen Ethernet, Wi-Fi y TCP/IP. (Estándares De Red: Definición Y Tipos | StudySmarter, n.d.)

NAT (Network Address Translation): es un servicio que opera en un enrutador o plataforma perimetral para conectar redes privadas a redes públicas como Internet. NAT se suele implementar en el enrutador perimetral de la WAN para habilitar el acceso a Internet en los centros de datos, campus, sucursales y sitios de coubicación. (Cisco Catalyst 8000 Edge Platforms Family Overview, 2025)

QoS (Quality of Service): es un conjunto de tecnologías que permite que las aplicaciones soliciten y reciban niveles de servicio predecibles en términos de la capacidad de rendimiento de datos (ancho de banda), variaciones de latencia (fluctuación) y retraso. (Preguntas Frecuentes Sobre Calidad De Servicio (QoS), 2025)

Power over Ethernet (PoE / PoE+): es una técnica para suministrar alimentación de CC a dispositivos a través de cableado Ethernet de cobre, eliminando la necesidad de fuentes de alimentación y tomas de corriente independientes. Si bien PoE no añade capacidades de datos Ethernet, sí ofrece más opciones para la ubicación y el modo de instalación de los dispositivos Ethernet. (Cisco Catalyst IoT Evolution - 90W UPOE+, 2025)

Fast Ethernet (100BASE-FL / 10BASE-FL): es el término de redes informáticas que designa un estándar de transmisión LAN que proporciona una velocidad de transferencia de datos de 100 megabits por segundo. (Cdw, 2022)

Gigabit Ethernet: transporta tráfico a una velocidad de 1000 Mbps (1 Gbps) por segundo, lo que lo hace 10 veces más rápido que FE. (Cdw, 2022)

Latencia de red: es el retraso en la comunicación de la red. Muestra el tiempo que tardan los datos en transferirse a través de la red. Las redes con un mayor retraso o retardo tienen una latencia alta, mientras que las que tienen tiempos de respuesta rápidos tienen una baja. (¿Qué Es La Latencia? - Explicación De La Latencia De Red - AWS, n.d.)

Ancho de banda: es la cantidad máxima de datos que se pueden transferir a través de una conexión a internet en un período de tiempo específico. En pocas palabras, es como el ancho de una tubería de agua: cuanto más ancha sea la tubería, más agua (datos) puede fluir por ella simultáneamente. (Joaquin, 2025)

Cuello de botella: se refiere a un punto en una red donde el flujo de datos está limitado o restringido, lo que lleva a un rendimiento más lento y una posible pérdida de datos. Esta restricción puede ocurrir en varios puntos de una red, como routers, switches o conexiones a internet, y puede impactar significativamente la experiencia del usuario y la productividad. (¿Qué Es Un Cuello De Botella De Red? - Términos Y Definiciones De Ciberseguridad, n.d.)

Interferencias electromagnéticas: constituyen perturbaciones e incidentes que se detectan en las señales electromagnéticas de diferentes aparatos, ya sea radiadas o por cable, que pueden afectar al funcionamiento de dispositivos electrónicos y sistemas de comunicación. (Distron, 2025)

VII. Referencias

- Albarrán, C. (2023, 13 de noviembre). *Cableado estructurado, qué es, tipos y utilidades*. Redes&Telecom. <https://www.redestelecom.es/infraestructuras/cableado-estructurado-que-es-tipos-y-utilidades/>
- Albarrán, C. (2024, 11 de abril). *Qué es la fibra óptica y para qué sirve*. Redes&Telecom. <https://www.redestelecom.es/especiales/fibra-optica-que-es-como-funciona-y-mejores-aplicaciones/>
- Amazon Web Services (AWS). (s. f.). *¿Qué es la latencia? Explicación de la latencia de red*. AWS. <https://aws.amazon.com/es/what-is/latency/>
- Backbone. (s. f.). *Backbone*. Murano Ltda. <https://muranoltda.webflow.io/productos-y-servicios-2/backbone>
- Betti, S. (2025, 18 de marzo). *Understanding MDF and IDF in networking*. Infinite Networks Inc. <https://infinitenetworksinc.com/understanding-mdf-and-idf/>
- CDW. (2022, 9 de agosto). *Fast Ethernet vs Gigabit Ethernet: Which data protocol is right for you?* CDW.com. <https://www.cdw.com/content/cdw/en/articles/networking/fast-ethernet-vs-gigabit-ethernet.html>
- Centro de Cómputo del Instituto Tecnológico de Apizaco. (2025). *Evidencias fotográficas y archivos*. OneDrive institucional. https://apizacotecnm-my.sharepoint.com/personal/residencias_cc_apizaco_tecnm_mx/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fresidencias%5Fcc%5Fapizaco%5Ftecnm%5Fmx%2FDocuments%2FResidencias%20EJ%202025
- Cisco. (2021, 18 de octubre). *¿Qué es un router? Definición y usos*. Cisco. https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/small-business/resource-center/networking/what-is-a-router.html#~how-does-a-router-work
- Cisco. (2021). *Cómo configurar un router, paso a paso*. Cisco. https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/small-business/resource-center/networking/how-to-set-up-router.html
- Cisco. (2021, 22 de septiembre). *¿Qué es un punto de acceso?* Cisco. https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/small-business/resource-center/networking/what-is-access-point.html#~what-is-an-access-point
- Cisco. (2023). *Estándares inalámbricos*. Cisco. <https://community.cisco.com/t5/blogs-wireless-mobility/est%C3%A1ndares-inal%C3%A1mbricos/ba-p/3365301>

- Cisco. (2025, 19 de febrero). *Preguntas frecuentes sobre calidad de servicio (QoS)*. Cisco. https://www.cisco.com/c/es_mx/support/docs/quality-of-service-qos/qos-policing/22833-qos-faq.html
- Cisco. (2025, 20 de marzo). *Cisco Catalyst 8000 Edge Platforms Family overview* [Video]. Cisco. <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/networking/what-is-network-address-translation-nat.html>
- Cisco. (2025, 21 de julio). *Cisco Secure Firewall: First line of defense* [Video]. Cisco. <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/security/what-is-a-firewall.html>
- Cisco. (2025, 26 de junio). *Cisco Catalyst IoT Evolution - 90W UPOE+* [Video]. Cisco. <https://www.cisco.com/site/us/en/learn/topics/networking/what-is-power-over-ethernet.html>
- Cisco. (s. f.). *¿Qué es una red inalámbrica?* Cisco. https://www.cisco.com/c/es_mx/solutions/small-business/resource-center/networking/wireless-network.html
- Cloudflare. (s. f.). *¿Qué es un protocolo? Definición de protocolo de red*. Cloudflare. <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/network-layer/what-is-a-protocol/>
- ComputerWeekly. (2019). *Cinco pasos básicos para la configuración de redes inalámbricas*. ComputerWeekly. <https://www.computerweekly.com/es/consejo/Cinco-pasos-basicos-para-la-configuracion-de-redes-inalambricas>
- Dell Technologies. (2023). *Wi-Fi network standards overview*. Dell. <https://www.dell.com/support/contents/es-mx/article/product-support/self-support-knowledgebase/networking-wifi-and-bluetooth/wi-fi-network-standards-overview>
- Distron. (2025, 9 de julio). *Cómo evitar las interferencias electromagnéticas*. Distron. <https://distron.es/interferencias-electromagneticas/>
- FS. (s. f.). *Convertidor de medios de fibra: ¿Qué es y cómo funciona?* FS.com. <https://www.fs.com/mx/blog/fiber-media-converter-what-is-it-and-how-it-works-5316.html>
- FS. (s. f.). *Definición, tipos y características de la fibra multimodo: OM1 vs OM2 vs OM3 vs OM4 vs OM5*. FS.com. <https://www.fs.com/es/blog/advantages-and-disadvantages-of-multimode-fiber-28331.html>
- Galileo University. (2022). *Conexión WiFi: el pilar fundamental en la era de las telecomunicaciones*. Galileo University. <https://www.galileo.edu/idea/noticias/conexion-wifi-el-pilar-fundamental-en-la-era-de-las-telecomunicaciones/>

- Golsystems. (s. f.). *No Break, UPS o regulador de voltaje: ¿Cuál debería usar?* Golsystems. <https://www.golsystems.mx/post.php?id=10709>
- H3C Technologies Co., Ltd. (2024). *WA6620X Outdoor Access Point*. H3C. Recuperado el 25 de junio de 2025, de https://www.h3c.com/es/Products_and_Solutions/InterConnect/Wireless/Products/AP/WiFi_6/Outdoor/WA6620X/
- Instituto Nacional de Ciberseguridad (INCIBE). (2021). *Guía de seguridad en redes WiFi*. INCIBE. <https://www.incibe.es/sites/default/files/contenidos/guias/doc/guia-de-seguridad-en-redes-wifi.pdf>
- Joaquin, L. (2025, 25 de julio). *What is a network bandwidth and how is it measured?* TP-Link Philippines. [https://www.tp-link.com/ph/blog/1985/what-is-a-network-bandwidth-and-how-is-it-measured-/](https://www.tp-link.com/ph/blog/1985/what-is-a-network-bandwidth-and-how-is-it-measured/)
- Leader Network. (2022). *Siete aspectos clave para la conectividad WiFi en los centros educativos*. Leader Network. <https://leader-network.com/actualidad/siete-aspectos-clave-para-la-conectividad-wifi-en-los-centros-educativos/>
- Lenovo México. (s. f.). *Topología en estrella: ¿Qué es?* Lenovo. <https://www.lenovo.com/mx/es/glosario/topologia-en-estrella/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>
- Lenovo México. (s. f.). *UTP: ¿qué es?* Lenovo. <https://www.lenovo.com/mx/es/glosario/utp/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>
- Lenovo México. (s. f.). *¿Qué es un hub? Cómo funciona*. Lenovo. <https://www.lenovo.com/mx/es/glosario/que-es-un-hub/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F>
- Microsoft. (s. f.). *Administración de red inalámbrica para Surface Hub*. Microsoft. <https://learn.microsoft.com/es-es/surface-hub/wireless-network-management-for-surface-hub>
- Microsoft. (s. f.). *Configurar una red inalámbrica en Windows*. Microsoft. <https://support.microsoft.com/es-es/windows/configurar-una-red-inal%C3%A1mbrica-en-windows-97914e31-3aa4-406d-cef6-f1629e2c3721>
- Neotica. (2023). *WiFi segura en centros educativos*. Neotica. <https://neotica.net/noticias/wifi-segura-centros-educativos/>
- Planificación y Administración de Redes. (s. f.). *Administración de redes inalámbricas*. Read the Docs.

<https://planificacionadministracionredes.readthedocs.io/es/latest/Tema07/Teoria.html>
1

Rom Mayer. (2021). *Diseño y optimización de redes WiFi*. Rom Mayer. <https://rom-mayer.cl/disenio-y-optimizacion-de-redes-wifi/>

Simplemx, S. (2025, 17 de julio). *¿Qué es un rack de comunicaciones?* Thorsmex Group. <https://thorsmex.mx/blog/que-es-un-rack-de-comunicaciones/>

StudySmarter. (s. f.). *Estándares de red: Definición y tipos*. StudySmarter ES. <https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/ingenieria-electrica/estandares-de-red/>

Tanaza. (2022). *Diseño de redes WiFi - Consideraciones fundamentales*. Tanaza. <https://www.tanaza.com/blog/disenio-de-redes-wifi/>

TechTarget. (s. f.). *The 4 different types of wireless networks*. TechTarget. <https://www.techtarget.com/searchnetworking/tip/The-4-different-types-of-wireless-networks>

TP-Link. (2021). *La importancia del Wi-Fi para ofrecer educación de calidad*. TP-Link. <https://www.tp-link.com/es/blog/722/la-importancia-del-wi-fi-para-ofrecer-educacion-de-calidad/>

TP-Link. (s. f.). *¿Qué es un switch y cómo puede impulsar el rendimiento en la red de tu negocio*. TP-Link España. <https://www.tp-link.com/es/press/news/19289/>

VoIPED. (s. f.). *¿Qué es la seguridad en las redes inalámbricas?* VoIPED. <https://www.voiped.com/es/blog/que-es-la-seguridad-en-las-redes-inal%C3%A1mbricas/>

VPN Unlimited. (s. f.). *¿Qué es un cuello de botella de red? Términos y definiciones de ciberseguridad*. VPN Unlimited. <https://www.vpnunlimited.com/es/help/cybersecurity/network-bottleneck>