



EduTraDi

Equipo Colaborativo para la Transformación Digital de la Educación.

● Octubre 2025
● Licencia Creative Commons V 4.0 Internacional

Resultados del Instrumento Soluciones de Conectividad Inalámbrica para Instituciones de Educación Superior (IES) en México.

Cuarto Entregable del Eje 4: Conectividad, Seguridad e Infraestructura Tecnológica.



Universidad Veracruzana

Equipo Colaborativo

Autores

Dr. Carlos Alberto Flores Sánchez

Profesor-Investigador de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Ing. Azael Fernández Alcántara

Coordinador del GT-IPv6 de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI) y Académico en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

Ing. Alejandro Martínez Varela

Coordinador de Infraestructura y Telecomunicaciones en CUAItos Universidad de Guadalajara (UAG)

Dr. Alfredo Cristóbal Salas

Profesor-Investigador de la Universidad Veracruzana (UV)

Lic. Jorge Ramírez Angón

Centro de Operación de la Red en la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (NOC-CUDI)

Mtra. Martha Angélica Avila Vallejo

Coordinadora de Operaciones en la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI)

Colaboraciones

Mtra. Salma Leticia Jalife Villalón

Presidenta del Centro México Digital (CMD)

Mtro. José Luis Rodríguez Valdez

Jefe del Departamento de Comunicaciones Audiovisuales en la Universidad Nacional Autónoma de México (DGTIC-UNAM) y Coordinador del Grupo Técnico de Videoconferencia de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI)

Diseño Editorial y Gráfico

Karla Vianey López López

Diseño Gráfico de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ)

Melanie Acuña Portal

Diseño de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM-C)

Primera Edición

D.R. © Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, A.C. (CUDI)
Tamaulipas 141, piso 3, Col. Condesa, C.P. 06140, alcaldía Cuauhtémoc, CDMX, México.

ISBN: 978-607-26811-6-3

Se permite compartir y adaptar el material bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)



Prólogo

Es para mi un privilegio escribir el prólogo de este cuarto entregable que han realizado de forma colaborativa un equipo interdisciplinario e interinstitucional que a partir de la pandemia, de forma voluntaria, decidió trabajar en beneficio de la transformación digital en la educación superior. Los autores de este cuarto documento, son académicos, investigadores y profesionales que están en el día a día de la implementación de estrategias y soluciones para el uso de las telecomunicaciones y tecnologías de la información en sus respectivos campus universitarios. La riqueza de este documento es la suma de conocimientos y experiencia que aportan los autores representantes de la UNAM, UABC, UdG, UV y de CUDI quienes al diseñar una metodología propia, nos brindan la oportunidad de conocer, a través de este instrumento, los resultados derivados de soluciones de conectividad inalámbrica que implementan diversas Instituciones de Educación Superior (IES) y que analizadas en su conjunto, constituyen una guía fundamental para quienes dirigen las estrategias de conectividad en este tipo de instituciones.

El Cuarto Entregable del Eje 4: Conectividad, Seguridad e Infraestructura Tecnológica es el resultado de un esfuerzo colaborativo a través de **EduTraDi: Equipo Colaborativo para la Transformación Digital de la Educación**, bajo el liderazgo de la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI).

El objetivo central de este estudio es ofrecer un diagnóstico fundamentado del estado actual de las soluciones de conectividad inalámbrica en las IES en México, a partir de los resultados obtenidos del **Instrumento Soluciones de Conectividad Inalámbrica para IES en México**.

Mediante un enfoque exploratorio y observacional, la investigación recopila información clave sobre la capacidad instalada, el rendimiento téc-

nico, los esquemas de gestión, los costos operativos, la seguridad, la cobertura en aulas y la experiencia del usuario. Con la participación de 53 campus de 29 instituciones en 23 estados del país, el informe proporciona una visión integral para entender la heterogeneidad y los desafíos que enfrentan las instituciones mexicanas.

Los hallazgos de este trabajo son esenciales, ya que permiten:

- Identificar las brechas y fortalezas de la infraestructura instalada.
- Comparar modelos de gestión y detectar prácticas efectivas.
- Orientar decisiones de inversión en tecnología para asegurar la continuidad operativa.
- Abordar retos críticos como la masificación del acceso y la necesidad de disponibilidad continua de servicios digitales.

En última instancia, este estudio se concibe como una herramienta estratégica y un mapa de ruta para la formulación de políticas que garanticen una infraestructura inalámbrica estable, interoperable y alineada con los objetivos de una educación digital de calidad para los próximos años.

Espero que ustedes lectores encuentren en este documento un aliado para implementar buenas prácticas de conectividad inalámbrica en campus universitarios.

Salma Leticia Jalife Villalón
Centro México Digital
Presidenta

Índice

1. Presentación.....	7
2. Introducción.....	9
3. Infraestructura y retos de la conectividad inalámbrica en las institución...9	
3.1 Complementariedad entre red alámbrica y red inalámbrica.....	10
3.2 Retos estratégicos de la conectividad inalámbrica en la transformación digital de la educación.....	11
3.3 Necesidades de la comunidad académica y estado actual de la infraestructura.....	12
4. Metodología del estudio: soluciones de conectividad inalámbrica.....	12
4.1 Enfoque metodológico.....	12
4.2 La encuesta como instrumento recolector.....	13
4.3 Variables de observación.....	14
4.4 Población y muestra de observación.....	14
4.5 Procedimiento de aplicación.....	15
5. Resultados del estudio.....	15
5.1 Análisis del Entorno.....	19
5.1.1 Distribución geográfica de las instituciones participantes.....	20
5.1.2 Perfil de los usuarios encuestados.....	21
5.1.3 Los puntos de acceso.....	21
5.1.4 Cobertura inalámbrica en las aulas.....	24
5.1.5 Utilidad de las soluciones inalámbricas.....	27
5.1.6 Principales marcas utilizadas para redes inalámbricas.....	27
5.1.7 Tipos de adquisición de las soluciones inalámbricas.....	28
5.1.8 Sistemas de admiración de las redes inalámbricas.....	29
5.1.9 Costos y presupuestos de las soluciones inalámbricas en su campus.....	30
5.1.10 Costos de adquisición.....	30
5.1.11 Costos de operación.....	31
5.1.12 Presupuestos anuales.....	31
5.1.13 Presupuesto anual para el 2024 en operación.....	32
5.1.14 Administración de la red inalámbrica.....	33
5.1.15 Sistema de control de acceso a redes inalámbricas en campus.....	33
5.1.16 Metodologías para dimensionar la cobertura de la red inalámbrica.....	34
5.1.17 Métodos utilizados para dimensionar la capacidad de ancho de banda.....	35
5.1.18 Sistema de seguridad para la red inalámbrica.....	36
5.1.19 Radio planning para el aprovechamiento del espectro en el campus.....	37
5.1.20 Frecuencia de red más utilizada por los usuarios en el campus.....	38
5.1.21 Federación de identidades.....	39
5.1.22 Implementación de servicio eduroam.....	40
5.1.23 IPv6 en las soluciones inalámbricas.....	41
5.1.24 Herramientas de monitoreo para la red inalámbrica.....	42
5.1.25 Bitácoras de consulta de usuarios versus espacios para la red inalámbrica.....	43
5.1.26 Encuestas de satisfacción sobre los servicios de la red inalámbrica para los usuarios.....	44
5.1.27 Modificaciones a las soluciones de conectividad inalámbrica después de la pandemia.....	45
5.1.28 Conexiones simultáneas permitidas por usuario.....	46
5.1.29 Cantidad de ancho de banda asignada a dispositivos.....	47
6. Reflexiones finales.....	48
7. Glosario de términos.....	73
8. Referencias bibliográficas.....	74

Anexo 1. Definición de indicadores clave del desempeño (KPIs).....49

1.1 Satisfacción general.....	50
1.2 Soporte Técnico.....	51
1.3 Fiabilidad.....	52
1.4 Integración y compatibilidad.....	54
1.5 Costos y presupuestos.....	55
1.6 Escalabilidad.....	56
1.7 Gestión y administración.....	58
1.8 Políticas de seguridad.....	59
1.9 Concurrencia de dispositivos.....	60
1.10 Rendimiento.....	62
1.11 Cobertura Señal.....	62
1.12 Resumen de los resultados de Anexo 1.....	65

Anexo 2. Análisis integral del estado de la infraestructura inalámbrica en México.....66

2.1 Análisis de la infraestructura física.....	67
2.2 Análisis de rendimiento técnico.....	68
2.3 Análisis de costos y presupuestos.....	69
2.4 Conclusión del análisis multidimensional.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Variables de observación de la infraestructura de conectividad inalámbrica en instituciones de educación superior mexicanas.....	14
Tabla 2. Lista de los campus que fueron parte de esta iniciativa.....	18
Tabla 3. Instituciones de Educación Superior (IES y Centros de Investigación que participaron para la recopilación de datos y la obtención de una visión integral sobre la conectividad inalámbrica en México.....	19
Tabla 4. Número total de access points Instalados.....	21
Tabla 5. Número de dispositivos conectados en la hora pico.....	22
Tabla 6. Ancho de banda contratado en Mbps.....	23
Tabla 7. Cantidad de aulas reportadas en distintos campus.....	24
Tabla 8. Cantidad de aulas con cobertura de la red inalámbrica.....	25
Tabla 9. Número de “access points” para las aulas del campus.....	26
Tabla 10. Top 5 de preferencia de utilidad de aspectos mencionados en las respuestas.....	27
Tabla 11. Costo de adquisición en pesos mexicanos.....	31
Tabla 12. Costo de operación en pesos mexicanos.....	31
Tabla 13. Presupuesto anual para 2024 en inversión (en pesos mexicanos).....	32
Tabla 14. Presupuesto anual para 2024 en operación (en pesos mexicanos).....	33
Tabla 15. Modificadores a las soluciones de conectividad inalámbrica.....	45
Tabla 16. Resultados de la capacidad de conexión y la calidad del servicio inalámbrico.....	47
Tabla 17. Resultados de una percepción positiva de los administradores/gestores de las redes inalámbricas.....	50
Tabla 18. Medía del ítem de satisfacción general.....	50
Tabla 19. Resultados del bloque de soporte técnico de redes inalámbricas.....	51
Tabla 20. Medía del ítem de soporte técnico.....	52
Tabla 21. Resultados del bloque de fiabilidad y uptime sobre la estabilidad de las redes inalámbricas.....	53
Tabla 22. Media de integración y compatibilidad por ítem.....	53
Tabla 23. Resultados del bloque de integración y compatibilidad.....	54
Tabla 24. Media de integración y compatibilidad por ítem.....	54
Tabla 25. Resultados del bloque de costos y presupuestos en redes inalámbricas.....	55
Tabla 26. Media de costos y presupuestos por ítem.....	56
Tabla 27. Resultados del bloque de escalabilidad en redes inalámbricas.....	57
Tabla 28. Media de escalabilidad por ítem.....	57
Tabla 29. Resultados del bloque de gestión y administración en redes inalámbricas.....	58

Tabla 30. Media de gestión y administración por ítem.....	58
Tabla 31. Resultados del bloque de políticas de seguridad en redes inalámbricas.....	59
Tabla 32. Media del ítem de políticas de seguridad.....	60
Tabla 33. Resultados del bloque de concurrencia de dispositivos de las redes inalámbricas.....	61
Tabla 34. Media del ítem de concurrencia de dispositivos.....	61
Tabla 35. Resultados del bloque de rendimiento de uso de las redes inalámbricas.....	62
Tabla 36. Media del ítem de rendimiento de uso.....	62
Tabla 37. Resultados del bloque de cobertura y señal de las redes inalámbricas.....	63
Tabla 38. Media del ítem de cobertura de señal.....	64
Tabla 39. Distribución de grupos identificados por el algoritmo K-Medias en el análisis de infraestructura inalámbrica (NAP, ACC, DC), con cantidad de instituciones (C) y porcentaje representativo (P).....	68
Tabla 40. Distribución de grupos identificados por el algoritmo K-Medios en el análisis del rendimiento técnico compuesta por la variable (AB, D), con cantidad de instituciones (C) y porcentaje representativo (P).....	69
Tabla 41. Distribución de grupos identificados por el algoritmo K-Medios en el análisis de costos y presupuestos compuesta por la variable (CA, CO, PE), con cantidad de instituciones (C) y porcentaje representativo (P).....	70
Tabla 42. Comparación de los vectores representativos de los grupos con mayor concentración de instituciones, identificados a partir de similitudes en las siguientes variables clave: Infraestructura física, Rendimiento técnico, Costos y Presupuesto. PA: Número de Puntos de Acceso, AL: Aulas con Cobertura, DC: Dispositivos Conectados, AB: Ancho de Banda, D: Disponibilidad, CA: Costo de Adquisición, CO: Costo de Operación y PE: Presupuesto Anual.....	71

Índice de gráficas

Gráfica 1. Análisis de entorno y resultados.....	16
Gráfica 2. Número total de access points instalados.....	21
Gráfica 3. Número de dispositivos conectados en la hora pico.....	22
Gráfica 4. Ancho de banda contratado en Mbps.....	23
Gráfica 5. Cantidad de aulas reportadas en distintos campus.....	24
Gráfica 6. Cantidad de aulas con cobertura de la red inalámbrica.....	25
Gráfica 7. Número de Access points para las aulas del campus.....	26
Gráfica 8. Marcas más utilizadas por los campus.....	28
Gráfica 9. Esquema e adquisición para soluciones inalámbricas.....	29
Gráfica 10. Sistema de administración de las redes inalámbricas del campus.....	30
Gráfica 11. Número de personas que administran la red inalámbrica del campus.....	33
Gráfica 12. Sistema de control de acceso a la red en el campus.....	34
Gráfica 13. Metodologías para dimensionar la cobertura de la red inalámbrica.....	35

Gráfica 14. Métodos utilizados para dimensionar la capacidad de ancho de banda.....	36
Gráfica 15. Sistemas de seguridad para la red inalámbrica.....	36
Gráfica 16. Radio planning para el aprovechamiento del espectro en el Campus.....	37
Gráfica 17. Frecuencia de red más utilizada por los usuarios en el campus.....	38
Gráfica 18. Federación de identidades.....	39
Gráfica 19. Implementación de eduroam.....	40
Gráfica 20. Soporte de IPv6 en soluciones inalámbricas en los campus.....	41
Gráfica 21. Herramientas de monitoreo para la red inalámbrica.....	42
Gráfica 22. Bitácoras de consulta de usuarios versus espacios para la red inalámbrica.....	43
Gráfica 23. Encuesta de satisfacción de servicios de la red inalámbrica.....	44
Gráfica 24. Conexiones simultáneas permitidas por usuarios.....	46
Gráfica 25. Distribución de respuesta por el ítem de satisfacción general.....	51
Gráfica 26. Distribución de respuesta por ítem de soporte técnico.....	52
Gráfica 27. Distribución de respuesta por ítem de fiabilidad.....	53
Gráfica 28. Distribución de respuesta por ítem de integración y compatibilidad.....	55
Gráfica 29. Distribución de respuesta por ítem de costos y presupuestos.....	56
Gráfica 30. Distribución de respuesta por ítem de escalabilidad.....	57
Gráfica 31. Distribución de respuesta por ítem de gestión y administración.....	59
Gráfica 32. Distribución de respuesta por ítem de políticas de seguridad.....	60
Gráfica 33. Distribución de respuesta por ítem de concurrencia de dispositivos.....	61
Gráfica 34. Distribución de respuesta por ítem de rendimiento de uso.....	63
Gráfica 35. Distribución de respuesta por ítem de cobertura y señal.....	64

Índice de imágenes

Imagen 1. Cobertura geográfica de los estados de la República Mexicana representativa de las soluciones de conectividad Inalámbrica.....	20
---	----

Índice de algoritmos

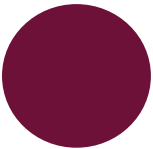
Algoritmo 1. Análisis multidimensional del estado de la infraestructura inalámbrica en México.....	67
---	----



1. Presentación.

En un esfuerzo colaborativo sin precedentes, diversas instituciones clave se han unido para formar EduTraDi: el Equipo Colaborativo para la Transformación de la Educación en México. Este equipo está compuesto por Instituciones de Educación Superior (IES), dependencias gubernamentales, centros de investigación y asociaciones, incluyendo a distinguidos miembros como el Centro México Digital (CMD), ANUIES-TIC, la Red Temática Mexicana para el Desarrollo e Incorporación de Tecnología Educativa (RedLate México), la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet (CUDI), el Espacio Común de Educación Superior a Distancia (ECOESAD) y el Tecnológico Nacional de México, entre otros.

Como parte fundamental de los trabajos del eje 4 “Conectividad” y bajo el liderazgo de CUDI, la Red Nacional de Educación e Investigación en México, un grupo de expertos en el área de redes de la Universidad de Guadalajara (UDG), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), de la Universidad Veracruzana (UV), del CMD y de CUDI, se dieron a la tarea de analizar los valiosos resultados del Instrumento Soluciones de Conectividad Inalámbrica para IES en México. El principal objetivo de este documento es conocer el estado actual de las soluciones de conectividad inalámbrica en las IES.



2. Introducción.

En el siglo XXI, las soluciones para ofrecer conectividad inalámbrica en los campus de las IES en México y en el mundo se han convertido en una poderosa y necesaria herramienta para satisfacer los requerimientos actuales de acceso al conocimiento y al desarrollo de la educación, sobre todo después de situaciones o acontecimientos como las pandemias.

Surgiendo modelos educativos más recientes y robustos que se sustentan en la posibilidad de llevarse a cabo en cualquier lugar y momento, apoyado en la movilidad de personas y cosas, los dispositivos inteligentes y la conectividad inalámbrica permanente, sin embargo, su adecuada implementación resulta esencial para garantizar un acceso a Internet y a soluciones tecnológicas de calidad, planeadas, monitoreadas e innovadoras, que permitan la interacción, el intercambio de información y la colaboración en tiempo real.

En consecuencia, la disponibilidad de infraestructura para la conectividad inalámbrica constituye un requisito fundamental para el funcionamiento de esta modalidad.

En particular, estas opciones de acceso representan una oportunidad para que los jóvenes tengan disponibilidad inmediata a los recursos y servicios

digitales de manera ágil y sin utilizar equipo computacional de las instituciones, sin embargo en algunas ocasiones la conectividad inalámbrica puede convertirse en un problema de equidad (con discriminación) y de optimización del uso de los recursos. Una alternativa consiste en optimizar su uso, permitiendo el acceso a la educación digital a través de servicios de aprendizaje, prácticas y evaluaciones disponibles mediante estos tipos de acceso.

La conectividad inalámbrica se ha convertido en un medio neutral que facilita el acceso a bibliotecas virtuales, repositorios de documentos y ventanillas digitales para la interacción con los servicios escolares.

Fue así como surgió la inquietud de desarrollar un instrumento de análisis de la situación particular que vivieron las IES durante el período del confinamiento y posteriormente con el retorno paulatino de los estudiantes y docentes a los campus (aulas, pasillos, etc.) con las coberturas originales y extendidas por la necesidad de mejorar y robustecer la conectividad.



3. Infraestructura y retos de la conectividad inalámbrica en las Instituciones de Educación Superior.

3.1. Complementariedad entre red alámbrica y red inalámbrica.

La conectividad inalámbrica en la educación superior requiere una infraestructura de red capaz de sostener servicios académicos y administrativos sin interrupciones. La red alámbrica cumple la función de columna vertebral al soportar servidores, sistemas críticos, almacenamiento y enlaces troncales que proveen estabilidad, velocidad y seguridad. Sobre esta base, la comunidad académica accede a plataformas de aprendizaje, bibliotecas digitales, sistemas de evaluación y servicios de asesoría principalmente a través de la red inalámbrica, desde diversos dispositivos y ubicaciones dentro del campus. La conectividad inalámbrica también integra casos de uso operativos como vigilancia, sensores y provisión de servicios en espacios donde el cableado no es viable.

Para que este modelo funcione, no basta con aumentar puntos de acceso. Se requiere un diseño funcional de la red inalámbrica que atienda cobertura, capacidad, estabilidad y escalabilidad, con mediciones del estado actual para orientar decisiones de inversión basadas en datos y alinear la infraestructura con las necesidades académicas y operativas. Una red inalámbrica bien planificada habilita trabajo colaborativo en tiempo real y metodologías de aprendizaje que dependen del

acceso ubicuo; facilita expansión de cobertura sin requerir obra civil extendida; reduce costos de cableado, mantenimiento y actualización; y permite redirigir presupuesto hacia iniciativas educativas, adquisición de dispositivos y formación digital. Además, al ofrecer acceso desde múltiples dispositivos y contextos, favorece la inclusión de estudiantes con diferentes niveles de competencia digital.

La gestión estratégica debe reconocer la complementariedad: la red alámbrica como núcleo estructural que asegura la integridad operativa y la red inalámbrica como medio de acceso principal para la comunidad. Con una arquitectura que combine ambas capas y una gobernanza basada en métricas de desempeño, calidad de servicio y evolución tecnológica, la institución puede escalar la infraestructura de manera eficiente y sostenible, manteniendo continuidad operativa y alineación con la demanda real de dispositivos, aplicaciones y servicios. En este marco, la infraestructura de red inalámbrica, diseñada y gestionada sobre una base alámbrica que sostiene los servicios críticos, juega un papel importante en la educación digital para los próximos años.

3.2. Retos estratégicos de la conectividad inalámbrica en la transformación digital de la educación.

La transformación digital en la educación superior depende de la capacidad de las instituciones para garantizar servicios digitales continuos y accesibles. Este objetivo no se logra únicamente con la adopción de plataformas o la digitalización de procesos, sino con una infraestructura de red que responda a las exigencias del modelo educativo actual. La conectividad inalámbrica es el punto crítico, porque es el medio que conecta a estudiantes, docentes y personal con los recursos institucionales. Cuando la red no está diseñada para soportar la demanda, la operación académica se interrumpe y la experiencia educativa se ve afectada.

El primer reto es la masificación del acceso. Cada semestre se incorporan más dispositivos y usuarios que requieren conexión simultánea, lo que incrementa la presión sobre la red inalámbrica. Sin una planificación que considere capacidad, segmentación y escalabilidad, la masificación genera saturación y pérdida de servicio. A esto se suma la personalización del aprendizaje, que exige plataformas capaces de procesar datos en tiempo real para seguimiento y retroalimentación. Estas operaciones dependen de una infraestructura que mantenga estabilidad bajo cargas variables. El acceso universal es otro desafío. Las instituciones deben garantizar que los servicios estén dis-

ponibles para estudiantes en contextos diversos. La disponibilidad continua de los servicios digitales es igualmente crítica. La educación en línea y los modelos híbridos requieren redes que soporten picos de demanda, mantengan la operación sin interrupciones y protejan la información. Cada minuto de inactividad afecta la continuidad académica y la confianza en la institución.

La integración de servicios en un modelo de ventana única resulta también en una demanda de interoperabilidad y rediseño de procesos. La infraestructura debe permitir que los sistemas se comuniquen entre sí y que los usuarios accedan a trámites, asesorías y evaluaciones desde un solo punto. Esto no es posible con redes fragmentadas o sin capacidad de gestión centralizada.

Para los directores de tecnología, estos retos no son problemas técnicos aislados, sino decisiones estratégicas que impactan la sostenibilidad del modelo educativo. Invertir en un diseño funcional de la red inalámbrica puede llegar a convertirse en la base para garantizar continuidad operativa, optimización de recursos y cumplimiento de los objetivos institucionales. Las decisiones que se tomen hoy definirán la capacidad de la institución para responder a la demanda digital en los próximos años.

3.3 Necesidades de la comunidad académica y estado actual de la infraestructura.

La conectividad inalámbrica en instituciones de educación superior es un componente esencial para garantizar la operación académica, administrativa y de gestión. Los estudiantes dependen de la red para acceder a plataformas de aprendizaje, realizar evaluaciones en línea, participar en tutorías virtuales, colaborar en proyectos y utilizar simuladores o laboratorios digitales en aulas híbridas y espacios colaborativos. También requieren conectividad para efectuar trámites escolares, pagos y solicitudes de servicios desde cualquier punto del campus.

Los profesores necesitan acceso inalámbrico para implementar estrategias de enseñanza que integren recursos digitales y tecnologías emergentes, así como para gestionar contenidos, consultar bases de datos y coordinar actividades académicas. Además, utilizan la red para realizar trámites administrativos, gestionar horarios y comunicarse con áreas de planeación. Durante eventos institucionales, la conectividad debe extenderse a invitados, padres de familia y conferencistas para garantizar el acceso a información y servicios digitales.

El personal administrativo requiere conectividad para actualizar información, coordinar procesos y atender servicios escolares mediante dispositivos móviles. Esto incluye la gestión de inscripciones, calificaciones, constancias y pagos en entornos digitales. Por su parte, los directivos necesitan acceso a tableros de control, sistemas de monitoreo y plataformas de coordinación que les permitan tomar decisiones basadas en datos y participar en redes académicas.

Estas necesidades convergen en un punto común: la red inalámbrica debe operar de manera continua, sin interrupciones, con capacidad para soportar movilidad, acceso simultáneo y uso intensivo de servicios digitales. La planificación de la infraestructura debe garantizar que la conectividad sea permanente, confiable y segura, alinea-

da con los requerimientos académicos, administrativos y estratégicos de la institución.

Dada la importancia de las necesidades que atiende la infraestructura de conectividad inalámbrica, es necesario conocer el estado actual de la misma para definir un mapa de ruta que permita evaluar el nivel de consolidación de los servicios de conectividad. Este análisis proporciona información sobre las estrategias que cada institución ha seguido para desarrollar sus servicios, lo que permite identificar enfoques que han resultado efectivos y que pueden considerarse como prácticas útiles en procesos similares. Al explorar el estado de la red en distintas instituciones, es posible obtener datos sobre cobertura, estabilidad y disponibilidad en diversos entornos académicos, lo que facilita la detección de áreas que requieren ajustes técnicos. También permite comparar modelos de gestión de infraestructura, incluyendo esquemas de mantenimiento, escalabilidad y seguridad, y entender cómo se han adaptado a las necesidades reales de los usuarios según su perfil institucional.

Este conocimiento ayuda a evaluar la interoperabilidad entre plataformas y sistemas, a analizar el impacto de la red en los procesos escolares y administrativos, y a diseñar políticas de conectividad alineadas con los objetivos de transformación digital. Además, permite identificar brechas tecnológicas entre instituciones o regiones, lo que puede orientar acciones de colaboración y mejora conjunta. Observar cómo otras instituciones han consolidado sus servicios de red inalámbrica ofrece una base comparativa que fortalece la calidad de las decisiones técnicas, al permitir contrastar enfoques, resultados y aprendizajes. Esta práctica contribuye a garantizar que la infraestructura responda de manera adecuada a las necesidades de acceso confiable, permanente y estable a los servicios académicos.

4. Metodología del estudio: soluciones de conectividad inalámbrica.

4.1 Enfoque metodológico.

Dada la importancia de las necesidades que atiende la infraestructura de conectividad inalámbrica en las instituciones de educación superior, se optó por un estudio exploratorio con carácter observacional. Este tipo de investigación resulta pertinente cuando se busca describir un fenómeno poco documentado y obtener información preliminar que sirva de base para estudios posteriores con mayor profundidad.

El objetivo principal fue conocer el estado actual de la infraestructura de red inalámbrica y su com-

portamiento en contextos reales de operación. Para ello, se analizaron aspectos como la capacidad instalada, la distribución de puntos de acceso, los niveles de velocidad, latencia y disponibilidad, los mecanismos de seguridad, los esquemas de gestión aplicados, los costos operativos y la percepción de los usuarios. El enfoque exploratorio permitió mantener flexibilidad en el análisis, descubrir fenómenos no previstos y generar información útil para la planeación estratégica de la conectividad institucional.

4.2 La encuesta como instrumento recolector.

La recolección de información se llevó a cabo mediante una encuesta digital, diseñada como herramienta de observación indirecta. Su aplicación en línea permitió recopilar información simultáneamente de múltiples instituciones a bajo costo y con un alcance geográfico amplio.

La plataforma empleada facilitó el diseño de formularios con lógica condicional, rutas de respuesta y visualización de resultados en tiempo real.

Gracias a ello, fue posible captar datos relacionados con fenómenos poco documentados, comparar modelos de gestión, identificar tecnologías implementadas y analizar niveles de servicio. Este enfoque metodológico resultó adecuado para obtener evidencia empírica directamente de los responsables de tecnología en cada institución, sin intervenir en el funcionamiento natural de las redes.

4.3 Variables de observación.

La observación del estado actual de la infraestructura de conectividad inalámbrica en Instituciones de Educación Superior requiere un enfoque integral que considere tanto los aspectos técnicos como operativos y de experiencia del usuario. Iniciar con datos institucionales permite contextualizar las condiciones particulares de cada campus. La infraestructura física revela la capacidad instalada y su distribución, mientras que las variables de rendimiento técnico permiten evaluar la calidad del servicio ofrecido. La seguridad y el dimensionamiento son esenciales para garantizar el acceso controlado y eficiente a los recursos de red. La gestión y administración de la red muestran los modelos operativos y el capital humano

involucrado. Los costos y presupuestos permiten analizar la sostenibilidad financiera de las soluciones implementadas. Las tecnologías complementarias indican el nivel de integración con estándares internacionales y servicios académicos externos. Finalmente, el monitoreo y la experiencia del usuario ofrecen información sobre el uso real de la red y la percepción de su calidad, lo que permite ajustar estrategias de mejora. Observar estas variables permite planear el desarrollo de una red inalámbrica confiable, permanente y estable que responda a las necesidades de acceso a servicios académicos en entornos digitales. Más detalles sobre las variables se encuentran en la Tabla 1.

Categoría	Variable	Tipo de dato	Unidad
Infraestructura física	Número de access points	Cuantitativo	Unidades
	Aulas con cobertura		
	Dispositivos conectados		
Rendimiento técnico	Cobertura	Cuantitativo	m ²
	Velocidad		Mbps
	Latencia		Ms
	Disponibilidad		Permanente
	Ancho de banda		Mbps
Seguridad y dimensionamiento	Métodos de acceso	Categórico	Texto
	Radio planning		Texto
	Frecuencia usada		Ghz
	Mapas de color		Texto
Gestión y administración	Marca	Cuantitativo	Texto
	Esquema de adquisición		Texto
	Sistema de administración		Texto
	Personal		Número
Costos y presupuestos	Costo de adquisición	Cuantitativo	Pesos Mexicanos
	Operación		
	Presupuesto anual		
Tecnologías Complementarias	Federación de identidades eduroam	Binario	Sí/No
	Soporte IPv6		
Monitoreo y experiencia usuario	Herramienta de monitoreo	Categórico	Texto
	Bitácora de uso		Texto
	Encuestas de satisfacción		Escala

Tabla 1. Variables de observación de la infraestructura de conectividad inalámbrica en instituciones de educación superior mexicanas.



4.4 Población y muestra de observación.

La población objetivo estuvo conformada por 197 instituciones mexicanas de educación superior, reconocidas por la Secretaría de Educación Pública (SEP) o la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), antes CONAHCYT, e identificadas como instituciones miembros de CUDI y con convenio.

La muestra fue de carácter no probabilístico y obedeció a la participación voluntaria de las instituciones. Se obtuvieron un total de 49 respuestas a la encuesta, correspondientes a 53 campus de 29 instituciones, ubicadas en 23 estados de la República Mexicana. La muestra representó el 14.72% de la población total.

4.5 Procedimiento de aplicación.

La aplicación de la encuesta se realizó entre el 1° de octubre y el 31 de diciembre de 2024. Todas las respuestas se recolectaron mediante medios digitales, con la participación directa del personal responsable de la gestión de redes en cada institución. Este procedimiento permitió captar información sobre el comportamiento real de la infraestructura inalámbrica en operación cotidiana, sin modificar sus condiciones.

El diseño metodológico garantizó que la información obtenida sirviera como insumo para identificar prácticas efectivas de conectividad inalámbrica, reconocer los retos comunes que enfrentan las instituciones y proveer datos empíricos que respalden la formulación de estrategias de mejora y el desarrollo de políticas de transformación digital en la educación superior.

5. Resultados

5.1 Análisis del entorno.

El estudio contó con la participación de instituciones educativas y de investigación, que abarcan un amplio espectro con diferentes tipos y enfoques. La distribución fue la siguiente:



Gráfica 1. Análisis de entorno y resultados.

En el instrumento colaboraron una diversidad de campus a lo largo de la República Mexicana, reflejando la heterogeneidad del sistema de educación superior y de investigación en el país. Entre los 53 campus participantes, se incluyeron ubicaciones estratégicas y representativas de diversas instituciones, lo que permitió recopilar una muestra robusta y variada. A continuación, se detalla la lista de los campus que formaron parte de esta iniciativa:

No.	Universidades, Institutos, Centros a la cual pertenecen	Campus participantes
1	Universidad Regiomontana (UR)	Campus Centro
2	Universidad Autónoma de Guerrero (UAGRO)	Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica
3	Universidad Autónoma de Querétaro (UQRO)	Centro Regional de Educación Superior Zona Centro
4	Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo (UQROO)	Chetumal Bahía
5	Centro de Investigación Aplicada en Ciencia y Tecnología (CIATEC)	
6	Universidad Autónoma de Nayarit (UAN)	Ciudad de la Cultura Amado Nervo
7	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)	Ciudad Universitaria
8	El colegio de San Luis (COLSAN)	
9	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO)	
10	Hospital General Dr. Manuel Gea Gonzalez	
11	Instituto de Investigaciones	Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
12	Institutos Tecnológicos	Instituto Tecnológico Campus Obregon-Nainari, Obregon-Centro, Guaymas, Navojoa Y Empalme
13		Instituto Tecnológico de Chihuahua II
14		Instituto Tecnológico de Ciudad Guzman
15		Instituto Tecnológico de Colima
16		Instituto Tecnológico de León
17		Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo
18		Instituto Tecnológico de Orizaba
19		Instituto Tecnológico de San Juan del Río

20		Instituto Tecnológico de Tlajomulco
21		Instituto Tecnológico de Villahermosa
22		Instituto Tecnológico de Zacatepec
23		Instituto Tecnológico del Istmo
25		Instituto Tecnológico del Valle De Etla
24		Instituto Tecnológico la Laguna
25		Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
26		Instituto Tecnológico de Ocotlan
27	Universidad Autónoma de Campeche (UACAM)	Principal
28	Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinarias (CICI - Querétaro)	
29	Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS)	Rafael Buelna
30	Universidad Autónoma Metropolitana (UAM)	Rectoría General
31	Universidad de Colima (UCOL)	
32	Universidades Politécnicas	Universidad Politécnica de Apodaca
33		Universidad Politécnica de San Luis Potosí
34		Universidad Politécnica del Sur de Zacatecas
35		Universidad Politécnica del Valle de Toluca
36	Universidad Tecnológica	Universidad Tecnológica de Querétaro
37	Universidad de Guadalajara (UDG)	Campus León (UDG)
38		Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)
39		Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño
40		Centro Universitario de Ciencias de la Salud
41		Centro Universitario de la Ciénega
42		Centro Universitario de la Costa
43		Centro Universitario de la Costa Sur
44		Centro Universitario de los Lagos
45		Centro Universitario de los Valles
46		Centro Universitario del Norte
47		Centro Universitario del Sur
48		CUCEA
49		Edificio de Rectoría General, MUSA y Zona Belenes
50		Parque Científico
51	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	Ciudad Universitaria (UNAM)
52		Escuela Nacional de Estudios Superiores
53		Unidad Juriquilla

Tabla 2. Lista de los campus que fueron parte de esta iniciativa.

Estos campus pertenecen a 29 IES y Centros de Investigación, cuya participación fue fundamental para la recopilación de datos y la obtención de una visión integral sobre la conectividad inalámbrica en México. A continuación, se presenta el listado de las instituciones que contribuyeron a esta investigación:

No.	IES Participantes/Centros de Investigación
1	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial
2	Centro de Investigación en Ciencias de Información Geoespacial, A.C.
3	Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social
4	Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas , A.C.
5	El Colegio de San Luis, A.C.
6	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales
7	Hospital General Dr. Manuel Gea González
8	Instituto de Investigaciones Dr. José María Luis Mora
9	Instituto Tecnológico de San Juan del Rio
10	Instituto Tecnológico de Sonora
11	Instituto Tecnológico Superior de Irapuato
12	Tecnológico Nacional de México
13	Universidad Autónoma de Campeche
14	Universidad Autónoma de Guerrero
15	Universidad Autónoma de Nayarit
16	Universidad Autónoma de Sinaloa
17	Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo
18	Universidad Autónoma Metropolitana
19	Universidad de Colima
20	Universidad de Guadalajara
21	Universidad de Guanajuato
22	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
23	Universidad Nacional Autónoma de México
24	Universidad Politécnica de Apodaca
25	Universidad Politécnica de San Luis Potosí
26	Universidad Politécnica del Sur de Zacatecas
27	Universidad Politécnica del Valle de Toluca
28	Universidad Regiomontana
29	Universidad Tecnológica de Querétaro

Tabla 3. Instituciones de Educación Superior (IES) y Centros de Investigación que participaron para la recopilación de datos y la obtención de una visión integral sobre la conectividad inalámbrica en México.

La participación de estas diversas instituciones, que incluyen universidades autónomas, tecnológicas, politécnicas, centros de investigación y un hospital, subraya el compromiso del sector académico y de investigación con el avance de la conectividad y la mejora de la infraestructura educativa en el país.

5.1.1 Distribución geográfica de las instituciones participantes.

El instrumento contó con una notable cobertura geográfica, abarcando 23 estados de la República Mexicana, lo que permitió obtener una visión representativa de las soluciones de conectividad inalámbrica en diversas regiones del país. Los estados que participaron activamente en esta iniciativa son:

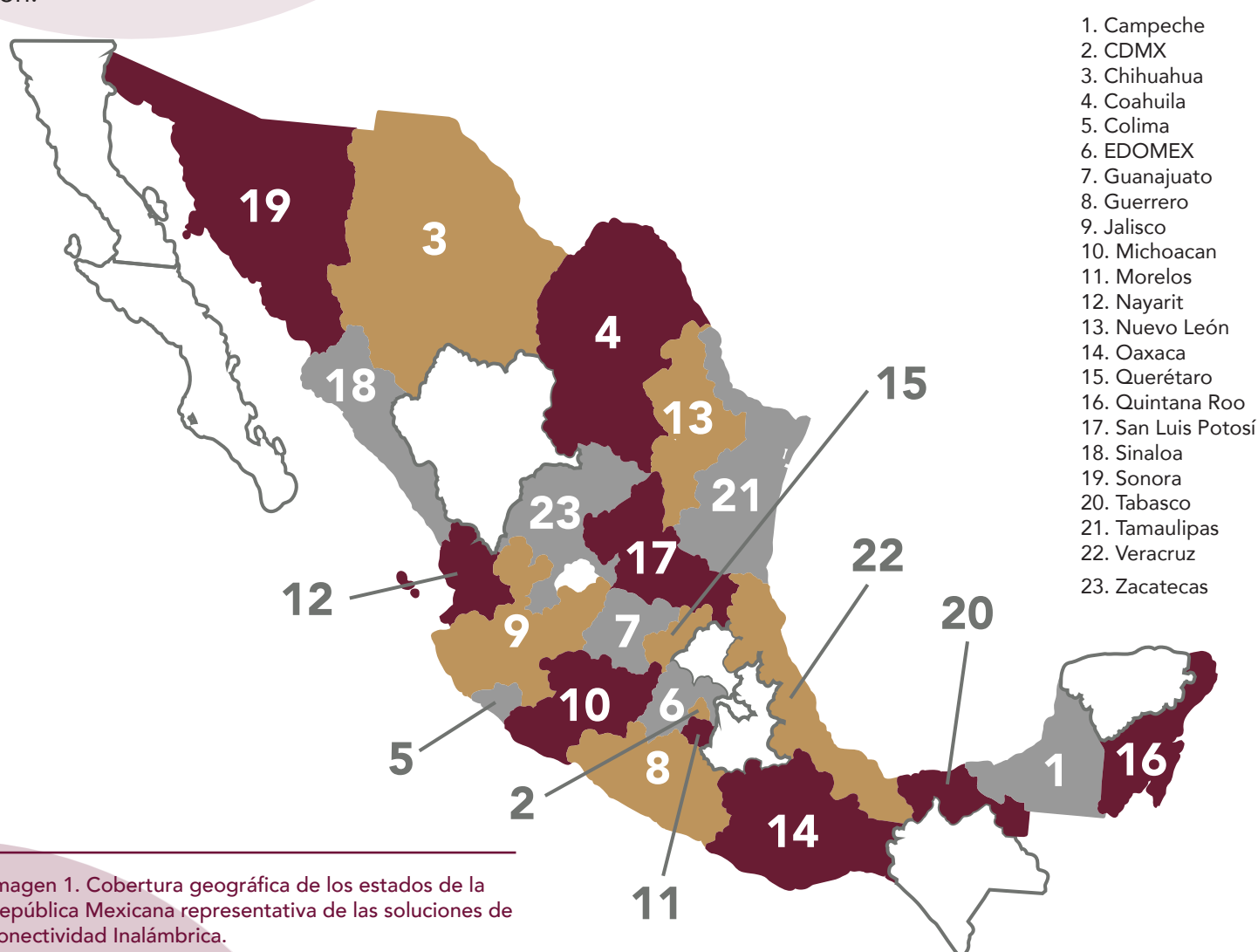


Imagen 1. Cobertura geográfica de los estados de la República Mexicana representativa de las soluciones de conectividad Inalámbrica.

Esta amplia participación estatal es clave para comprender las particularidades y desafíos en materia de conectividad que enfrentan las instituciones educativas y de investigación en diferentes contextos geográficos y socioeconómicos de México.

5.1.2 Perfil de los usuarios encuestados.

El estudio se dirigió a los responsables de la gestión de redes en los campus participantes. De los 53 campus que respondieron al instrumento, se identificó que en 36 de ellos, la misma persona ejerce la responsabilidad tanto de la red general del campus como de la red inalámbrica. Este dato es relevante para comprender la estructura de gestión de la infraestructura tecnológica en las instituciones, así como las posibles implicaciones en la toma de decisiones y en la asignación de recursos.

5.1.3 Los puntos de acceso.

Para ofrecer conectividad inalámbrica a todos sus usuarios, las instituciones deben tener un número suficiente de puntos de acceso (access points) distribuidos estratégicamente en sus campus. Esta distribución busca optimizar el ancho de banda contratado y gestionar de mejor manera la demanda de los usuarios en los momentos de mayor afluencia.

La mayoría de los 53 campus encuestados tienen una cantidad moderada de puntos de acceso.

Pocos access points: 36 campus reportaron tener entre 10 y 90 puntos de acceso.

Rango mayor de campus: 12 campus contestaron tener de 100 a 200 access point.

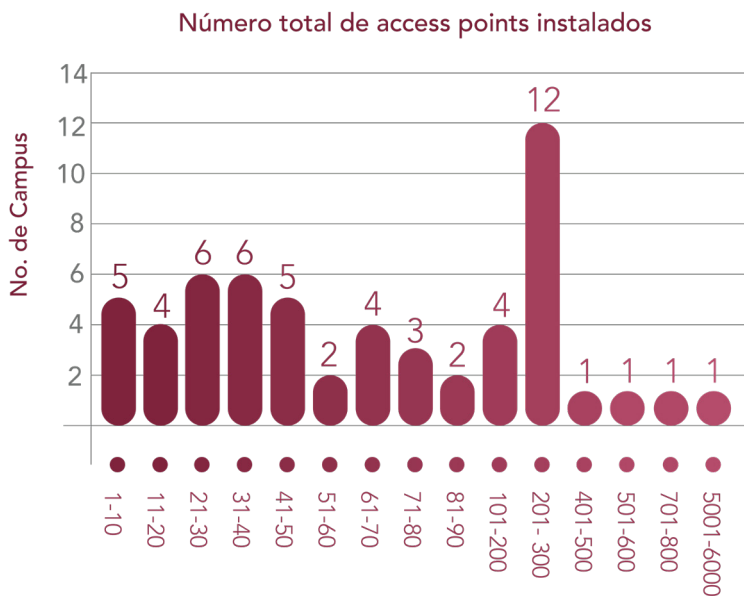
Más access points de 300 hasta 6000: 5 campus reportaron tener una cantidad considerable de puntos de acceso, uno en cada uno de los rangos de: 300, 500, 600, 800 y 6000.

En general, la cantidad de puntos de acceso instalados en cada campus depende del área a cubrir y de la cantidad de usuarios que se necesitan soportar.

Número total de “access points” instalados

De	A	Frecuencia
1	10	5
11	20	4
21	30	6
31	40	6
41	50	2
51	60	4
61	70	3
71	80	2
81	90	4
101	200	12
201	300	1
401	500	1
501	600	1
701	800	1
5001	6000	1

Tabla 4. Número total de access points Instalados.



Gráfica 2. Número total de access points Instalados.

Durante la hora pico, la cantidad de dispositivos conectados en los campus participantes varía considerablemente, con un mínimo de 21 dispositivos y un máximo de 8,000.

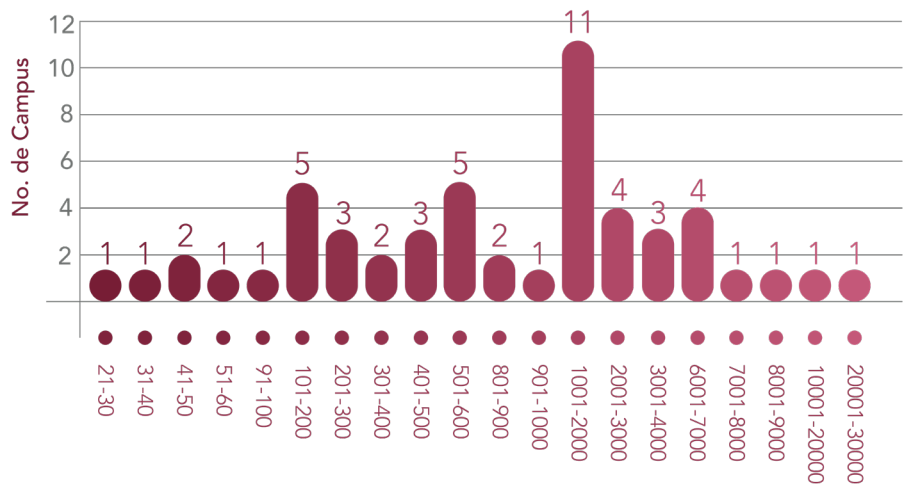
- 32 campus conectan entre 200 y 2,000 dispositivos.
- Otros 11 campus reportan tener entre 2,000 y 4,000 dispositivos conectados.
- En el extremo inferior, 8 campus conectan entre 21 y 100 dispositivos.

El número más alto de conexiones fue de 8,000 dispositivos, solo un campus reporta este número de conexiones, curiosamente, solo un campus reportó tener entre 21 y 30 dispositivos conectados, lo que lo ubica en el extremo más bajo de la escala.

Número de dispositivos conectados en la hora pico

De	A	Frecuencia
21	30	1
31	40	1
41	50	2
51	60	1
91	100	1
101	200	5
201	300	3
301	400	2
401	500	3
501	600	5
801	900	2
901	1000	1
1001	2000	11
2001	3000	4
3001	4000	3
6001	7000	4
7001	8000	1
8001	9000	1
10001	20000	1
20001	30000	1

Tabla 5. Número de dispositivos conectados en la hora pico.



Gráfica 3. Número de dispositivos conectados en la hora pico.

Los datos analizados indican que, aunque existe una dispersión considerable en el ancho de banda reportado, la mayoría de los campus se ubican en el rango de ancho de banda medio. La velocidad de 2,000 Mbps es la más popular, lo que podría ser un indicativo de la velocidad “estándar” o preferida en este sector.

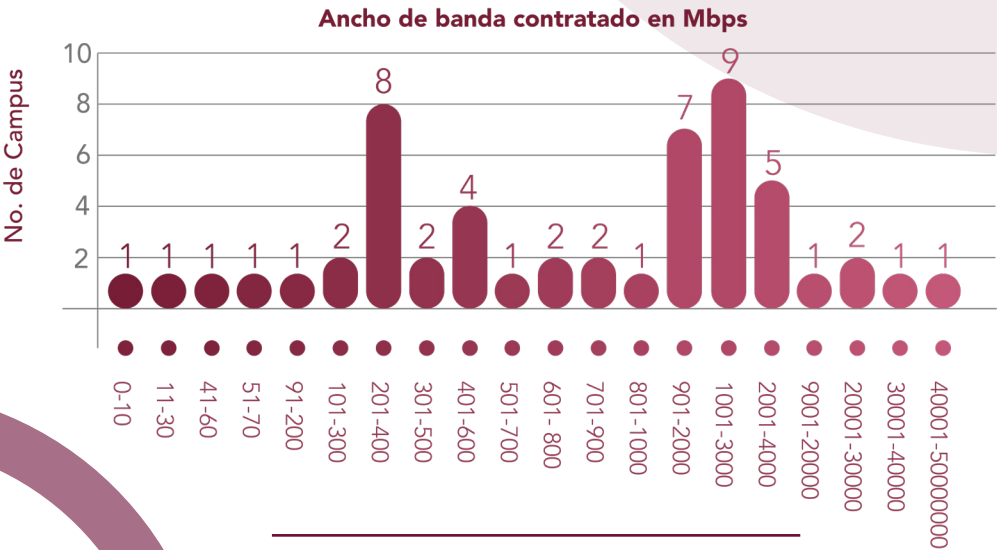
La concentración de campus en el rango de 300 a 2,000 Mbps sugiere que estas velocidades son las más accesibles o suficientes para las necesidades de la mayoría de los campus encuestados. Aunque hay una cantidad significativa de campus con velocidades de hasta 900 Mbps, la frecuencia de 2,000 Mbps supera a todas.

Un aspecto importante es la presencia de valores atípicos o extremos. El único campus que reportó una velocidad de hasta 50,000 Mbps se destaca significativamente del resto, lo que podría deberse a necesidades muy específicas, como las de campus con alto número de usuarios o un centro de investigación de alta tecnología.

Ancho de banda contratado en Mbps

De	A	No. de Campus
0	5	1
11	20	1
41	50	1
51	60	1
91	100	1
101	200	2
201	300	8
301	400	2
401	500	4
501	600	1
601	700	2
701	800	2
801	900	1
901	1000	7
1001	2000	9
2001	3000	5
9001	10000	1
20001	30000	2
30001	40000	1

Tabla 6. Ancho de banda contratado en Mbps.



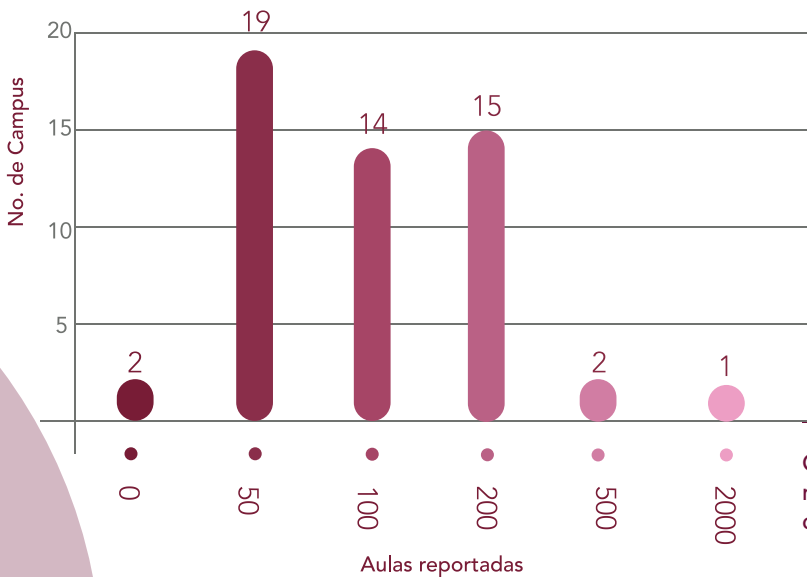
Gráfica 4. Ancho de banda contratado en Mbps.

5.1.4 Cobertura inalámbrica en las aulas.

Para lograr una cobertura inalámbrica óptima, es fundamental considerar la cantidad de aulas y los puntos de acceso(access points) requeridos para cubrirlas. Si bien no siempre es factible cubrir la totalidad de las aulas, se debe buscar alcanzar el mayor porcentaje posible. Tras analizar las respuestas a la pregunta sobre el número de aulas y su cobertura inalámbrica, así como la cantidad de puntos de acceso disponibles en los campus que participaron en la encuesta, se identifica que la mayoría de los campus se concentran en el rango de baja a mediana capacidad, específicamente hasta 200 aulas. La categoría con el mayor número de campus es la de hasta 50 aulas, con 19 campus, lo que sugiere que muchos de los campus encuestados son de tamaño pequeño a mediano. El rango de hasta 200 aulas también tiene una alta representación, con 15 campus, seguido de cerca por el de hasta 100 aulas, con 14 campus. Esta agrupación en el rango de 50 a 200 aulas es la más común entre el conjunto de datos, lo que indica que esta es la capacidad más típica para los campus que sí poseen aulas con cobertura inalámbrica. Los datos también revelan la presencia de valores atípicos o extremos. Hay dos campus que reportaron hasta 500 aulas y un único campus que reportó tener hasta 2,000 aulas. Esto último representa una capacidad excepcionalmente grande y podría pertenecer a una universidad de gran escala.

Campus	Aulas reportadas
2	No reportaron
19	50
14	100
15	200
2	500
1	2000

Tabla 7. Cantidad de aulas reportadas en distintos campus.



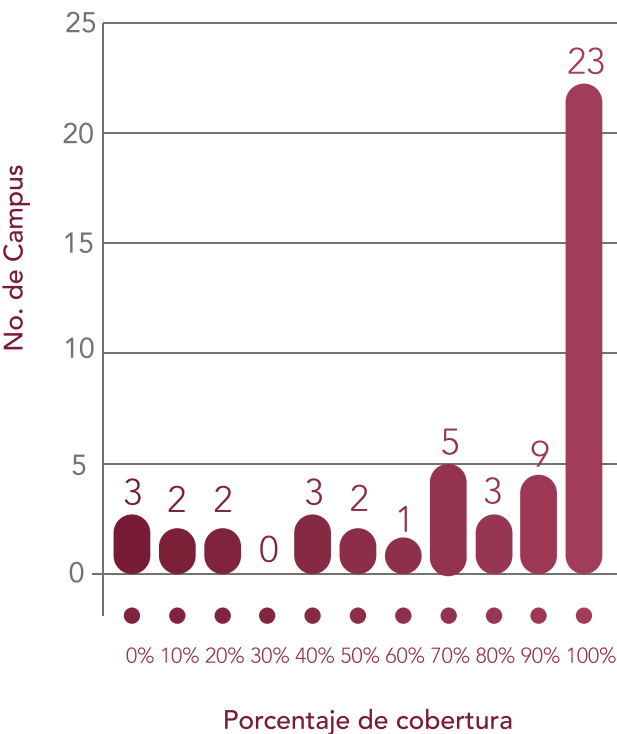
Gráfica 5. Cantidad de aulas reportadas en distintos campus.

50 campus de los 53 encuestados reportan que cuentan con cobertura inalámbrica en sus instituciones, esto significa que el 94.34% de los campus encuestados reporta tener cobertura de red inalámbrica en al menos una parte de sus aulas, lo que subraya una alta penetración de esta tecnología en el ámbito educativo. Por el contrario, solo el 5.66% de las instituciones carece de cobertura en sus aulas.

Cantidad de aulas con cobertura de la red inalámbrica (%)

De	A	No. de Campus
0	0	3
1	10	2
11	20	2
31	40	2
41	50	3
51	60	1
61	70	5
71	80	3
81	90	9
91	100	23

Tabla 8. Cantidad de aulas con cobertura de la red inalámbrica.



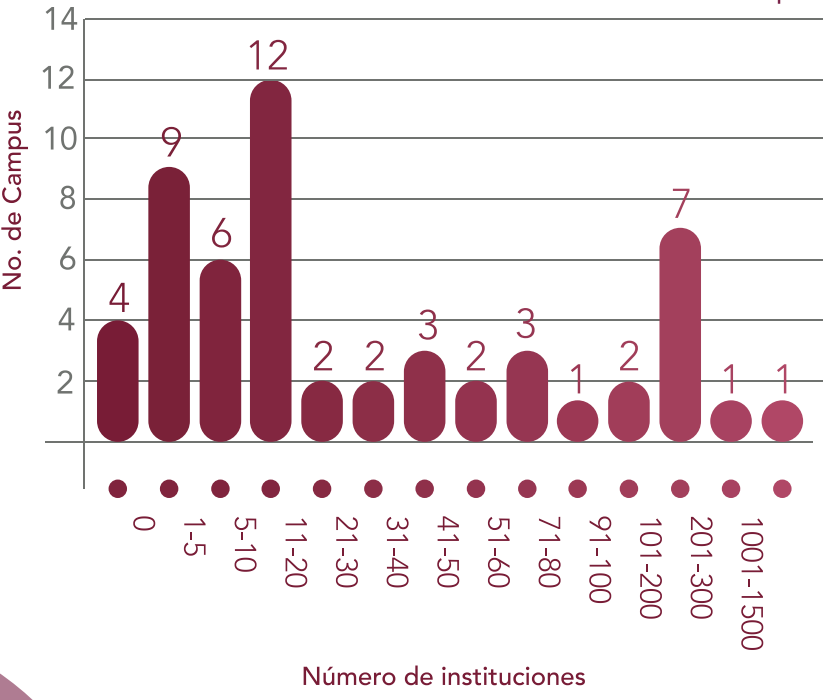
Gráfica 6. Cantidad de aulas con cobertura de la red inalámbrica.

4 campus reportan no contar con access point, la mayoría de los campus tiene entre 1 y 20 “access points” (puntos de acceso) para las aulas. De los campus con puntos de acceso, 34 de ellos reportan tener hasta 50. Dentro de este grupo, el número más alto de campus, 12 campus indicaron poseer hasta 20 puntos de acceso, mientras que 12 campus tienen hasta 100 puntos de acceso. En el extremo superior, se identificaron casos con una densidad de conectividad notable: 7 campus informan contar con hasta 200 puntos de acceso. 1 campus reporta hasta 300 puntos. 1 campus cuenta con una cifra considerablemente alta, alcanzando los 1500 puntos de acceso.

Número de “access points” para las aulas del campus

De	A	No. de Campus
0	0	4
1	5	9
5	10	6
11	20	12
21	30	2
31	40	2
41	50	3
51	60	2
71	80	3
91	100	1
101	200	7
201	300	1
1501	2000	1

Tabla 9. Número de “access points” para las aulas del campus.



Gráfica 7. Número de access points para las aulas del campus.

5.1.5 Utilidad de las soluciones inalámbricas.

Los campus encuestados indicaron que las características más útiles son la de administración, seguridad, estabilidad, ancho de banda y gestión, en este orden de utilidad.

La siguiente tabla representa el Top 5 de las preferencias de utilidad de los aspectos mencionados en las respuestas:

No.	Muy útil	Algo útil	Ni útil/ ni inútil	Poco inútil	Muy inútil
1	Administración	Estabilidad	Ancho de banda	Ancho de banda	Estabilidad
2	Seguridad	Administración	Seguridad	Gestión	Gestión
3	Estabilidad	Seguridad	Estabilidad	Administración	Administración
4	Ancho de banda	Ancho de banda	Gestión	Estabilidad	Ancho de banda
5	Gestión	Gestión	Administración	Seguridad	Seguridad

Tabla 10. Top 5 de preferencia de utilidad de aspectos mencionados en las respuestas.

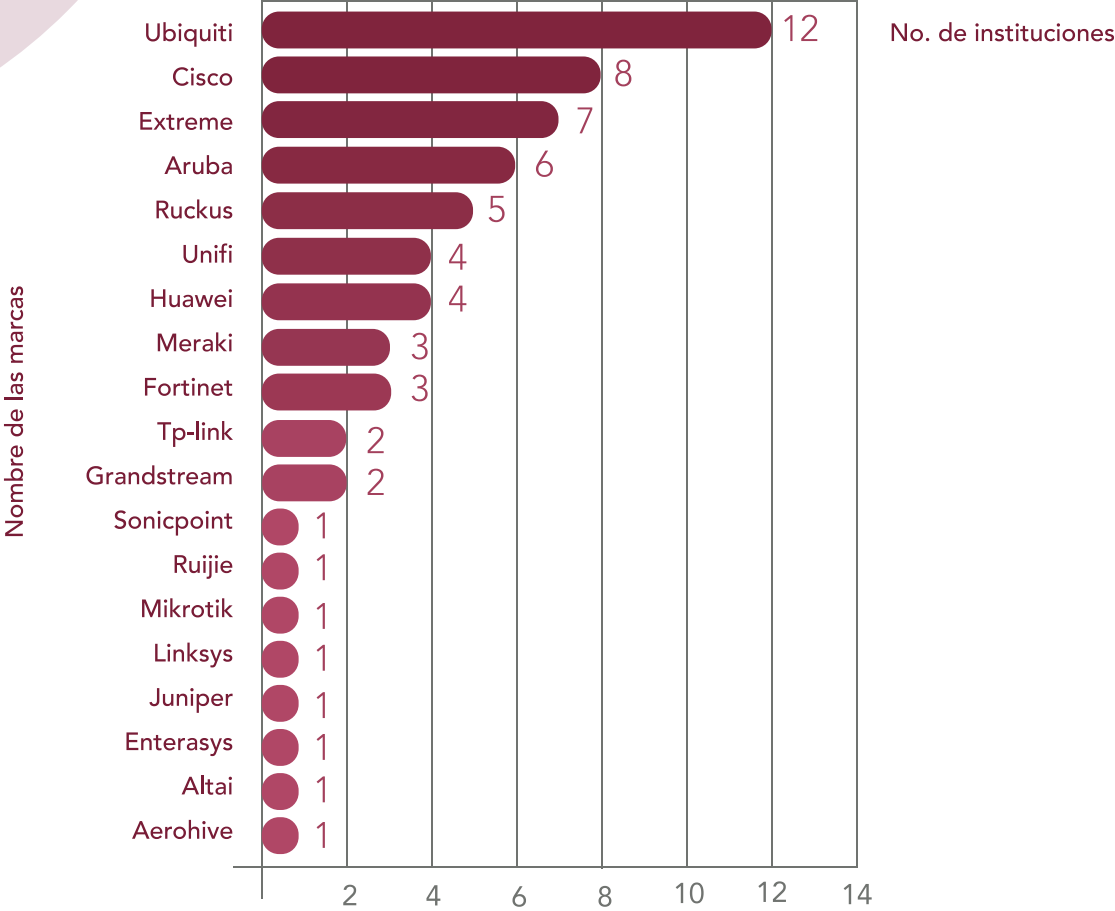
Nota: En esta escala, el término “inútil” se refiere al grado en que el elemento evaluado no aporta valor, utilidad o beneficio para el propósito al que se hace referencia en la pregunta.

5.1.6. Principales marcas utilizadas para redes inalámbricas.

Cada institución, y en ocasiones cada campus, gestiona sus propios procesos de adquisición de equipamiento, lo que resulta en la coexistencia de dispositivos de distintas marcas en la infraestructura de la red. La elección de tecnologías o marcas específicas dependerá de la sección o capa de la red a la que pertenezcan y de las necesidades particulares de cada una.

La marca más utilizada por los campus encuestados para su principal solución inalámbrica es: Ubiquiti seguida por CISCO, Extreme Aruba y Ruckus.

Marcas mencionadas en las respuestas:



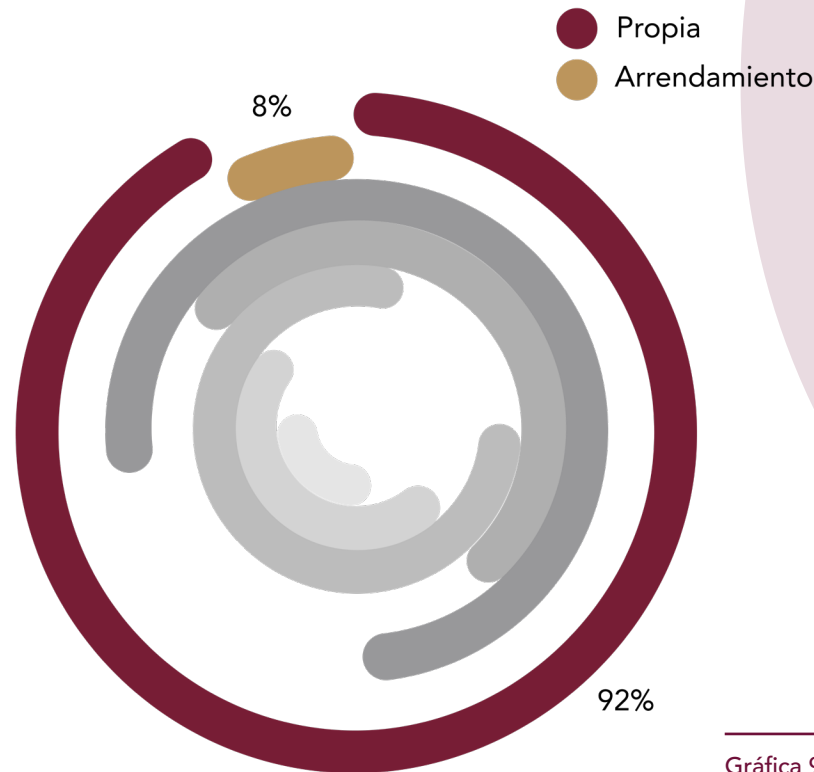
Gráfica 8 . Marcas más utilizadas por los campus.

5.1.7 Tipos de adquisición de las soluciones inalámbricas.

Derivado de los procesos de adquisición de cada institución o campus el equipamiento puede ser propio (el campus compra sus soluciones inalámbricas), arrendado o patrocinado, conocer los esquemas de adquisición de equipos, nos ayuda a identificar cómo están invirtiendo su presupuesto en infraestructura tecnológica las instituciones participantes en la cuenta. Es común que las IES tengan equipos de distintas marcas, entender los procesos de adquisición permitirá conocer las tendencias y la predominancia de ciertas tecnologías en distintas capas de la red. Esto ayuda a la estandarización, la gestión centralizada y la compatibilidad.

Tener una visión clara de los procesos de adquisición de las IES, contribuye a la búsqueda de sinergias y oportunidades de colaboración. Una estrategia de compra consolidada para toda la institución podría generar mejores precios y condiciones con los proveedores.

Esquema de adquisición para soluciones inalámbricas



Gráfica 9. Esquema de adquisición para soluciones inalámbricas.

Se identifica que la mayoría de la infraestructura es una adquisición propia muy pocos campus tienen infraestructura arrendada y ninguna institución tiene patrocinio en la adquisición de infraestructura. De un total de 53 campus, la mayoría, 49, han implementado su propia infraestructura de red inalámbrica. Sólo 4 campus optaron por arrendar su solución de conectividad inalámbrica, lo que representa una minoría. Es notable que ningún campus haya reportado utilizar soluciones inalámbricas patrocinadas, lo que indica una clara preferencia por la gestión y el control directo de la infraestructura de red inalámbrica.

5.1.8 Sistemas de administración de las redes inalámbricas.

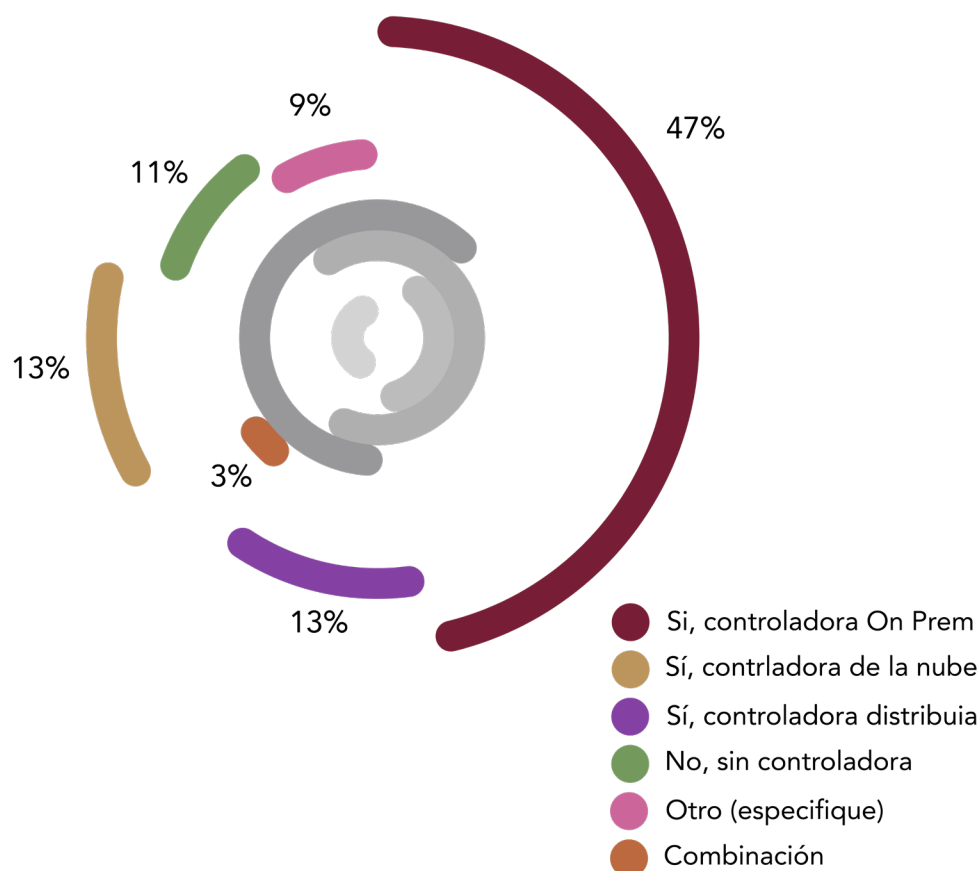
El equipamiento de la red debe ser administrado por personal capacitado para ello se valen de sistemas de administración que según sus características pueden ser "On Premise", en la nube, distribuida o sin controladora

Los datos revelan una clara preferencia por las soluciones de gestión de red "On Premise". De las 53 respuestas analizadas, 25 campus (casi la mitad) optaron por este tipo de controladora, lo que sugiere que valoran tener un control directo y local sobre su infraestructura.

En segundo lugar, le siguen de cerca las opciones basadas en la nube y la falta de una controladora, ambas con 7 respuestas. Esto muestra que, aunque menos populares que las soluciones "On Premise", la administración en la nube y la gestión sin un controlador centralizado tienen su nicho.

Finalmente, el resto de las respuestas se dividen entre controladoras distribuidas, soluciones mixtas y otros sistemas no especificados, indicando que hay una variedad de enfoques, aunque no son tan comunes como las tres opciones principales.

¿Cuenta con algún sistema de administración de las redes inalámbricas del Campus?



Gráfica 10. Sistema de administración de las redes inalámbricas del campus.

5.1.9 Costos y presupuestos de las soluciones inalámbricas en su campus.

Toda infraestructura debe mantenerse, expandirse, renovarse y mantenerse operando para ello es necesario contar con presupuestos destinados a cada aspecto.

5.1.10 Costos de adquisición.

Los datos indican que hay una gran variedad en los costos de adquisición, pero la mayoría de las campus invierte una cantidad moderada. Hay un grupo de campus que no gastó nada, y un pequeño grupo que hizo una inversión muy grande.

La mayor parte de los campus (13) invirtió hasta \$10,000. Este es el grupo más grande, un número considerable de campus (8) reportó no haber invertido nada.

Un grupo menor, pero significativo (7 campus), gastó más de \$1,000,000.

De	A	No. de Campus
\$0	\$0	8
\$1	\$10,000	13
\$10,001	\$20,000	3
\$30,001	\$40,000	1
\$40,001	\$50,000	1
\$50,001	\$60,000	1
\$60,001	\$70,000	1
\$100,001	\$200,000	5
\$200,001	\$300,000	2
\$300,001	\$400,000	3
\$400,001	\$500,000	2
\$600,001	\$700,000	3
\$800,001	\$900,000	1
\$1,000,001	\$5,000,000	7
\$10,000,001	\$20,000,000	1
\$20,000,001	\$30,000,000	1

Tabla 11. Costo de adquisición en pesos mexicanos.

5.1.11 Costos de operación.

La distribución de los costos de operación no es uniforme. Hay una concentración notable en los costos más bajos, especialmente en el grupo que no invirtió nada, 19 campus , y una segunda concentración 13 campus en el rango de los \$1 a \$10,000. Sin embargo, también se observa un pequeño número de campus que tienen costos de operación sustanciales hasta de \$80,000, 10 campus . Esto demuestra que las necesidades de infraestructura y los presupuestos varían significativamente entre los campus.

De	A	No. de Campus
\$0	\$0	19
\$1	\$10,000	13
\$10,001	\$20,000	4
\$10,001	\$30,000	1
\$40,001	\$50,000	1
\$70,001	\$80,000	10
\$100,001	\$200,000	4
\$300,001	\$400,000	1
\$400,001	\$500,000	2
\$500,001	\$600,000	1
\$600,001	\$700,000	1
\$700,001	\$800,000	1
\$900,001	\$1,000,000	1
\$1,000,001	\$5,000,000	3

Tabla 12. Costo de operación en pesos mexicanos.

5.1.12 Presupuestos anuales.

El análisis a las respuestas sobre los presupuestos anuales en el 2024 para la infraestructura de redes inalámbricas indica que el grupo más grande, 19 de los campus encuestados, no reportaron ningún presupuesto para inversión en infraestructura. El segundo grupo más numeroso tiene un presupuesto de entre \$1 y \$10,000, con 12 campus, le sigue el grupo de entre \$10,000 y \$20,000, con 5 campus. En el otro extremo, hay un grupo de campus que planeó realizar grandes inversiones. Dos campus tienen un presupuesto de entre \$900,00 y \$1,000,000, y otros dos planean invertir entre \$1,000,000 y \$5,000,000. Incluso hay un campus con un presupuesto superior a los \$5,000,000. Estas cifras demuestran que, si bien la mayoría de los campus invierte poco o nada, un grupo pequeño planeó realizar una inversión en infraestructura.

De	A	No. de Campus
\$0	\$0	19
\$1	\$10,000	12
\$10,001	\$20,000	5
\$30,001	\$40,000	1
\$40,001	\$50,000	1
\$90,001	\$100,000	3
\$100,001	\$200,000	2
\$200,001	\$300,000	1
\$400,001	\$500,000	1
\$500,001	\$600,000	1
\$600,001	\$700,000	2
\$900,001	\$1,000,000	2
\$1,000,001	\$5,000,000	2
\$5,000,001	\$10,000,000	1

Tabla 13. Presupuesto anual para 2024 en inversión (en pesos mexicanos).

5.1.13 Presupuesto anual para 2024 en operación.

En el análisis de los datos obtenidos de la pregunta sobre el presupuesto anual de operación para 2024, se puede identificar que la gran mayoría de los campus, específicamente 16, tienen un presupuesto de cero. Además, un grupo significativo de 15 entidades indican que su presupuesto anual es de hasta \$10,000. Esto indica que la mayor parte de las entidades operan con presupuestos muy modestos o inexistentes. A medida que los rangos de presupuesto aumentan, el número de campus disminuye drásticamente. Sólo 2 entidades tienen un presupuesto entre \$10,000 y \$20,000, y de ahí en adelante, la mayoría de los rangos superiores (\$20,000 en adelante) sólo contienen de 1 a 3 campus. Los presupuestos más altos, como los de \$900,000 a \$1,000,000, e incluso el rango de más de \$1,000,000, tienen una frecuencia de sólo 2 entidades cada uno.

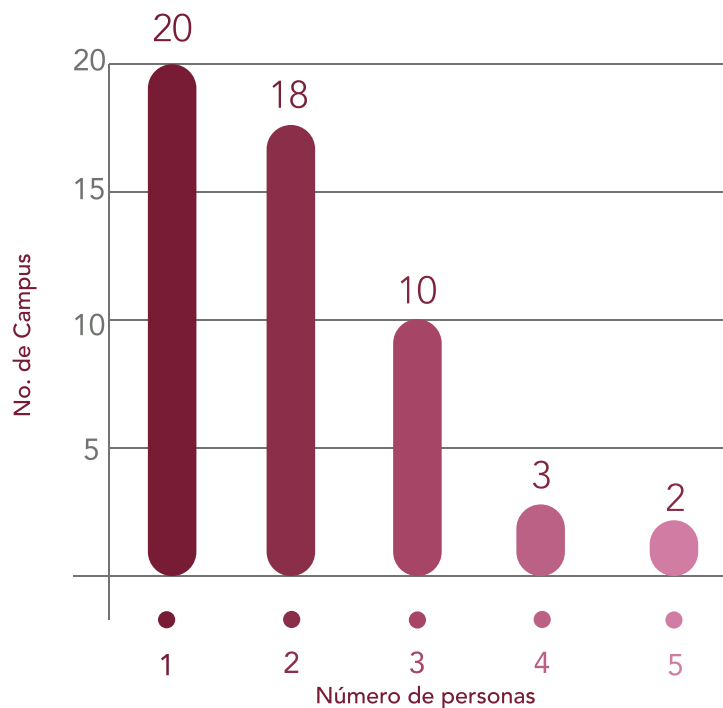
De	A	No. de Campus
\$0	\$0	16
\$1	\$10,000	15
\$10,001	\$20,000	2
\$40,001	\$50,000	3
\$70,001	\$80,000	1
\$100,001	\$200,000	2
\$200,001	\$300,000	2
\$300,001	\$400,000	1
\$400,001	\$500,000	2
\$500,001	\$600,000	1
\$600,001	\$700,000	2
\$700,001	\$800,000	1
\$800,001	\$900,000	1
\$900,001	\$1,000,000	2
\$1,000,001	\$5,000,000	2

Tabla 14. Presupuesto anual para 2024 en operación
(en pesos mexicanos).

5.1.14 Administración de la red inalámbrica.

Las respuestas obtenidas demuestran que la mayoría de los campus tienen a una o dos personas administrando la red inalámbrica.

¿Cuántas personas administran la red inalámbrica del Campus?
(la respuesta a esa pregunta es opcional)

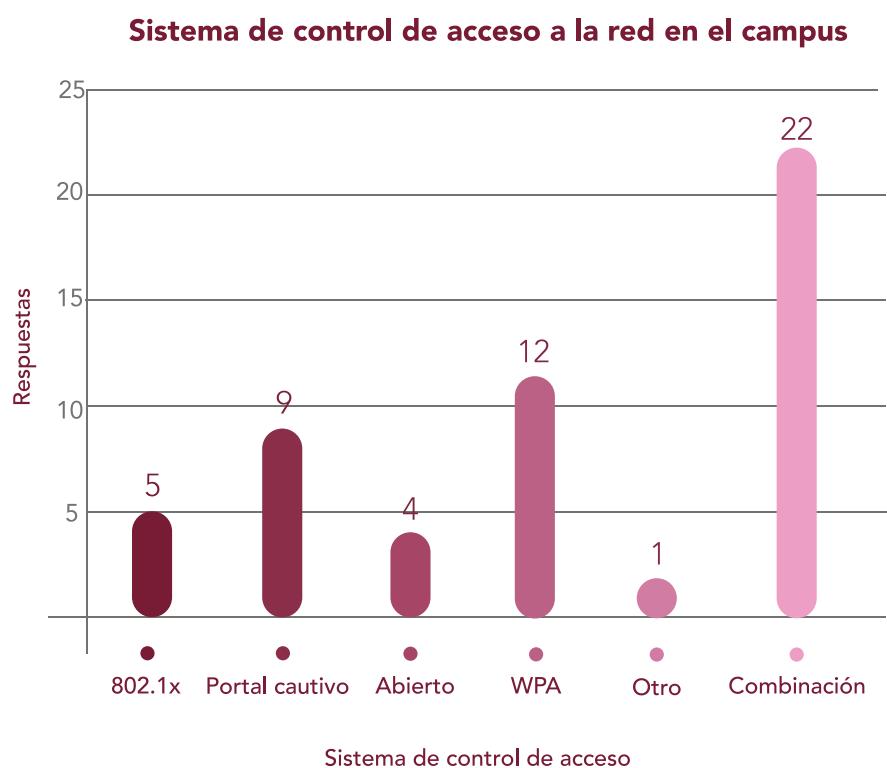


Gráfica 11. Número de personas que administran la red inalámbrica del campus.

5.1.15 Sistemas de control de acceso a redes inalámbricas en campus.

Se les pidió a los responsables de las redes inalámbricas en los campus que seleccionarán de una lista se sistemas de control cuál era el que utilizaban. Los resultados revelaron que el método más popular es una combinación de sistemas, reportada por 22 campus.

Le sigue en popularidad el sistema WAP, empleado por 12 campus. En tercer lugar, se encuentra el portal cautivo con 9 respuestas. El sistema 802.1x fue elegido por 5 campus, mientras que solo un campus indicó utilizar “otro” método.

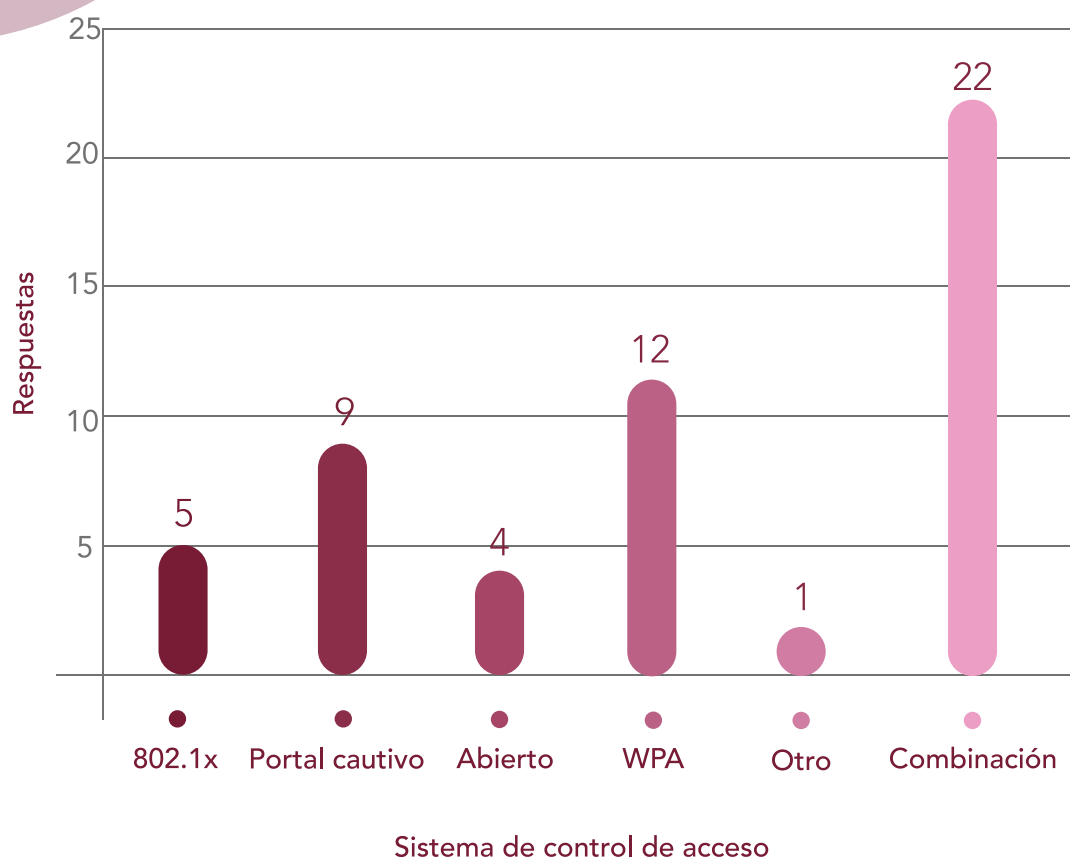


Gráfica 12. Sistema de control de acceso a la red en el campus.

5.1.16 Metodologías para dimensionar la cobertura de la red inalámbrica.

Dimensionar la cobertura es parte importante del desarrollo y mantenimiento de la red. Existen metodologías que permiten realizar estas tareas. A partir de los datos obtenidos a través del instrumento se identifica que la metodología más utilizada para dimensionar la cobertura de la red inalámbrica es el estudio de mapas de calor, con 30 respuestas. Un número considerable de encuestados 15 no utiliza ninguna metodología formal, un grupo más pequeño 7 utiliza otras metodologías no especificadas. Solo un encuestado utiliza una combinación de metodologías.

Sistema de control de acceso a la red en el campus



Gráfica 13. Metodologías para dimensionar la cobertura de la red inalámbrica.

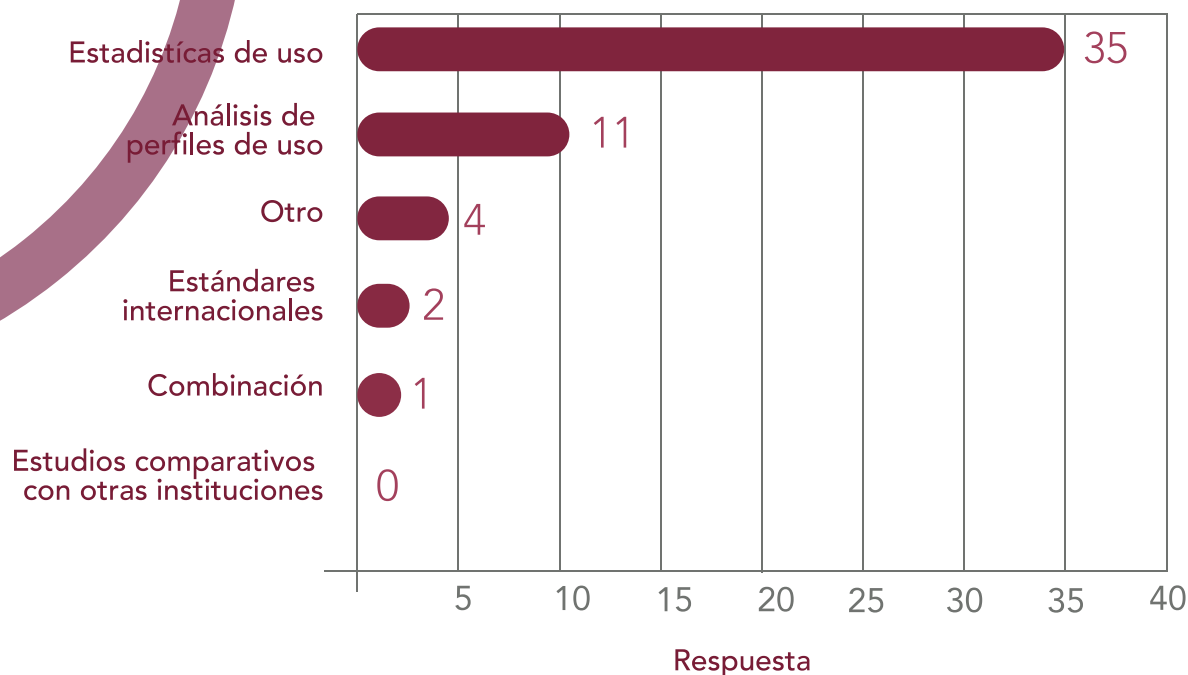
5.1.17 Métodos utilizados para dimensionar la capacidad de ancho de banda.

Un aspecto importante en el óptimo funcionamiento y aprovechamiento de la red es el dimensionar la capacidad del ancho de banda necesario para los usuarios.

El dimensionamiento del ancho de banda es crucial para el buen funcionamiento de una red inalámbrica. Al preguntar a los administradores de red de los campus participantes sobre sus métodos, se encontró que la mayoría 35 campus, se basa en el análisis de estadísticas de uso. Este método consiste en revisar datos históricos para entender el consumo real de la red.

En segundo lugar, con 11 respuestas, se encuentra el análisis de perfiles de uso, que se enfoca en cómo los diferentes tipos de usuarios (estudiantes, profesores, etc.) utilizan la red. Otros métodos, como el uso de estándares internacionales, métodos no especificados, o combinaciones de los anteriores, fueron mucho menos populares, con solo 4, 2 y 1 respuesta respectivamente.

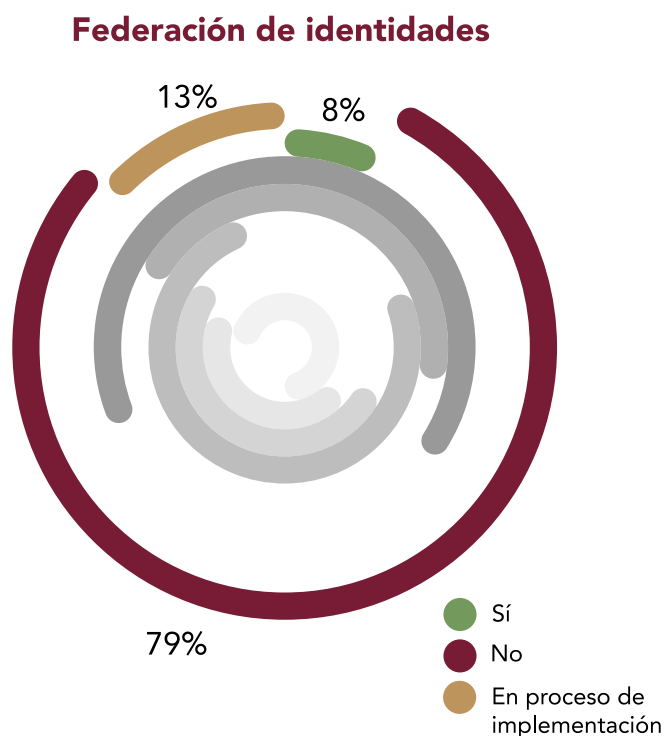
Método utilizado



Gráfica 14. Métodos utilizados para dimensionar la capacidad de ancho de banda.

5.1.18 Sistemas de seguridad para la red inalámbrica.

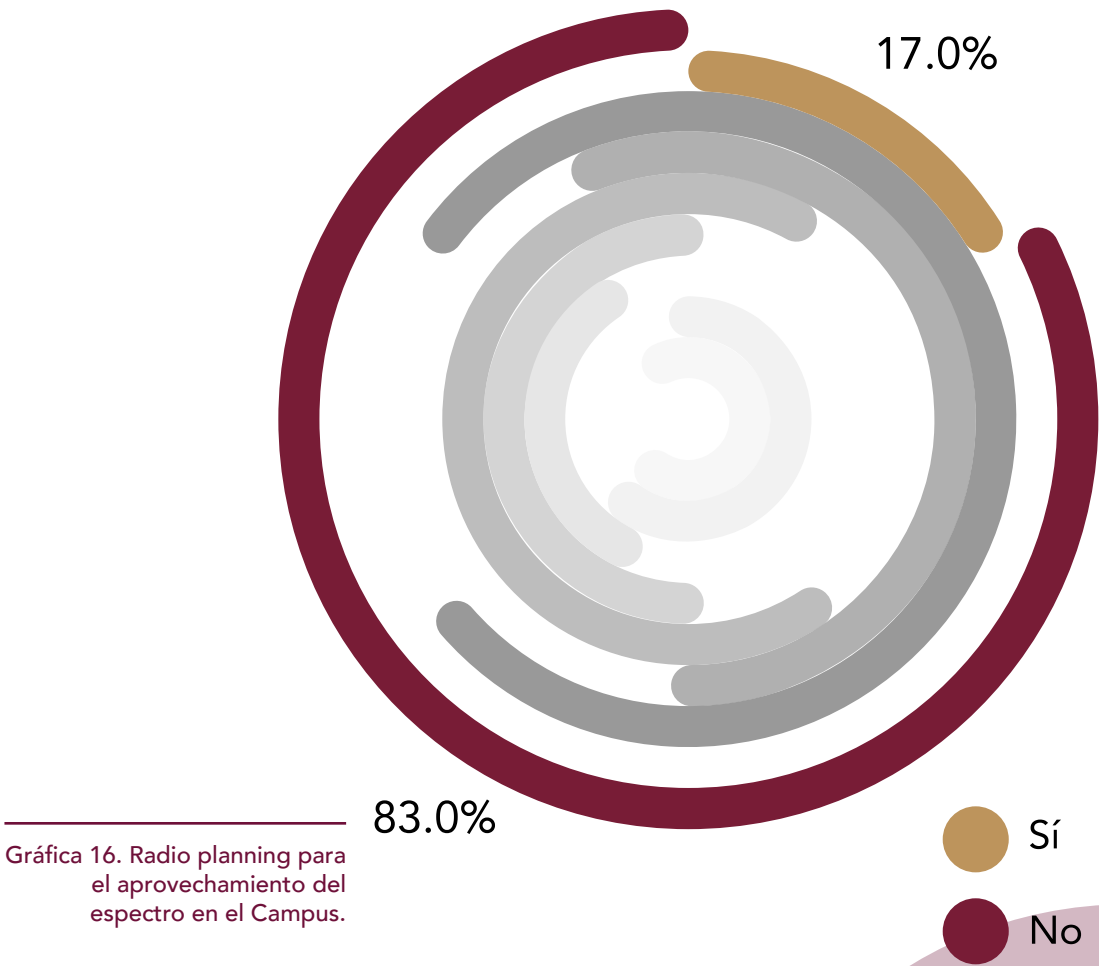
Aunque la mayoría de las instituciones encuestadas manifestaron que contaban con solución de seguridad para la red inalámbrica, en las descripciones que hacen es evidente que la seguridad se limita a un control de acceso por usuario y a nivel perímetro de la red.



Gráfica 15. Sistemas de seguridad para la red inalámbrica.

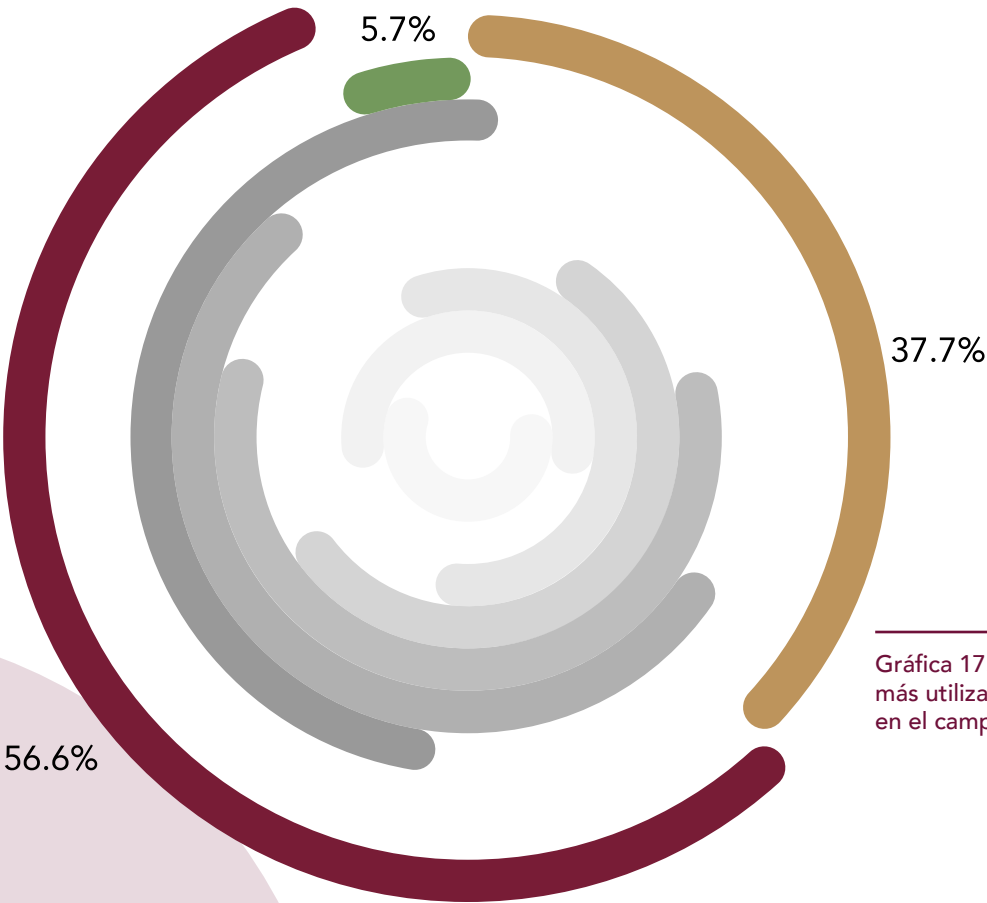
5.1.19 Radio planning para el aprovechamiento del espectro en el campus.

De las 9 instituciones que contestaron “Sí” 5 hicieron comentarios alusivos a el como se realizó el “Radio Planning” y con base en estos comentarios podemos inferir que realmente ninguna institución lo realizó como tal, toda vez que los comentarios hicieron alusión a que fué realizado por el proveedor, se utilizaron las herramientas automáticas que ofrece la controladora o que se realizaron mapas de calor; estas acciones o condiciones no constituyen un “Radio Planning” toda vez que este debe considerar todos los usos del espectro radioeléctrico al interior del campus, como son teléfonos inalámbricos analógicos, soluciones LoRa, Bluetooth, etc, por citar algunos que comparten algunas de las bandas con WiFi, pero el radio planning deberá considerar todos los usos del espectro electromagnético en el campus; debe ser un documento interno de gobierno, con convenciones, reglas y debe asignar responsables de la supervisión y seguimiento a su cumplimiento.



5.1.20 Frecuencia de red más utilizada por los usuarios en el campus.

El uso de la banda de 2.4 GHz continúa siendo utilizada de forma predominante en las redes inalámbricas de las instituciones. El 5.7% de las encuestadas manifiestan un uso similar entre las bandas de 2.4 y 5 GHz, sin embargo el desconocimiento de la proporción en uso de los diferentes estándares relacionados con WiFi nos impide estimar un estatus general de las instituciones en virtud de que los diferentes protocolos aprovechan de distinta manera el espectro o banda. Por ejemplo la banda de 2.4 GHz opera de manera más eficiente con el estándar 802.11ax, que con 802.11g. Es evidente la necesidad de incluir una guía técnica de buenas prácticas en conectividad inalámbrica, para responder las preguntas con criterio unificado. Además es importante incluir en la siguiente iteración de esta encuesta una pregunta adicional que nos permita conocer el porcentaje de los Puntos de Acceso WiFi (APs) de las redes inalámbricas que soportan los diferentes estándares; si se ha cancelado el soporte de estándares deprecados o si se soportan con infraestructura distinta. Ejemplo: “Los porcentajes de APs en la red que soportan los diferentes estándares son como sigue: 30% 802.11g o inferior, 70% 802.11n, 70% 802.11ac, 30% 802.11ax”.

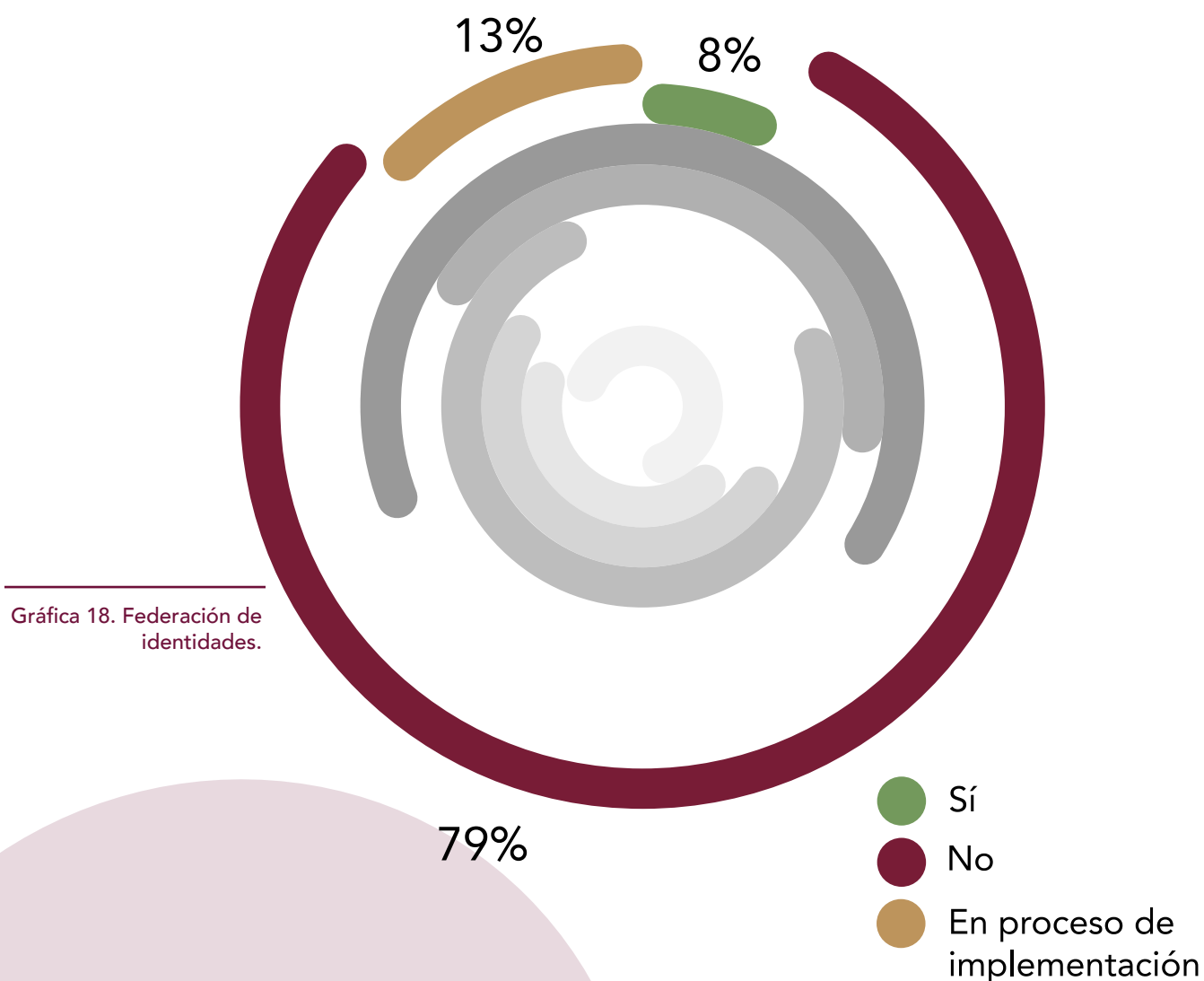


Gráfica 17. Frecuencia de red más utilizada por los usuarios en el campus.

5.1.21 Federación de identidades.

Una Federación de Identidades es un sistema que permite a los usuarios acceder a múltiples servicios con un único usuario y contraseña, sin importar si estos servicios son de su institución o de otras dentro de la misma federación. Esto simplifica el acceso y mantiene segura la información, ya que cada institución es responsable de sus propias bases de datos de usuarios y no las comparte.

A pesar de las ventajas, este sistema no es común entre los campus encuestados. De 53 campus, solo 4 tienen implementada una Federación de Identidades, y otros 7 están en proceso de hacerlo. Esto indica que su adopción aún es baja, aunque hay un interés creciente en su implementación.



5.1.22 Implementación del servicio eduroam.

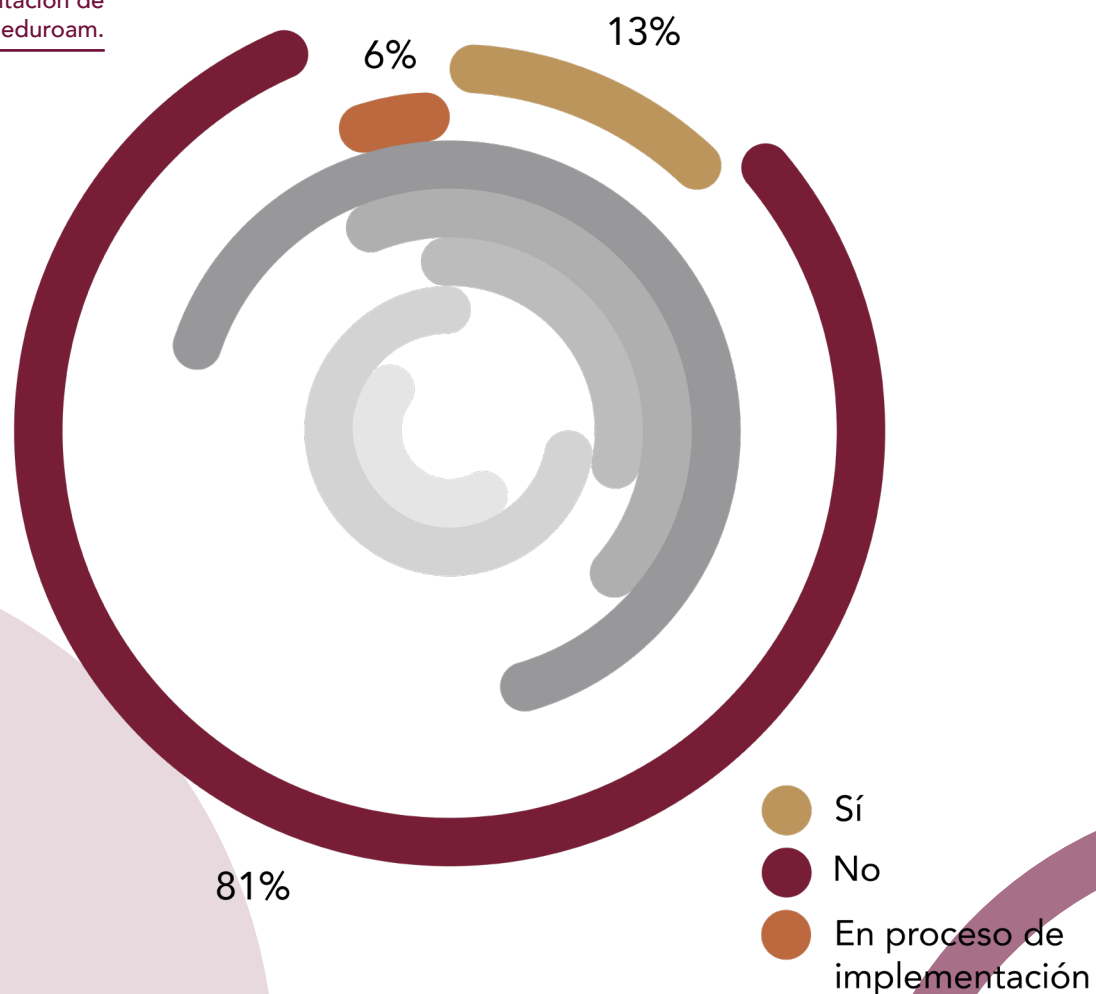
Eduroam (education roaming) es un servicio mundial de movilidad segura, desarrollado para la comunidad académica y de investigación.

El servicio eduroam permite a la comunidad académica mantenerse conectada a Internet de manera fácil, ya que sólo se requiere del usuario y contraseña proporcionados por su institución, para conectarse en cualquier institución con acceso a eduroam. La implementación del servicio facilita la administración del acceso a las redes inalámbricas en los campus, al poder gestionar la identidad de los usuarios.

De las 53 instituciones encuestadas, se observa que la adopción de eduroam es aún limitada:

- 7 campus ya tienen el servicio implementado.
- 43 campus no lo tienen.
- 3 campus se encuentran en proceso de implementación.

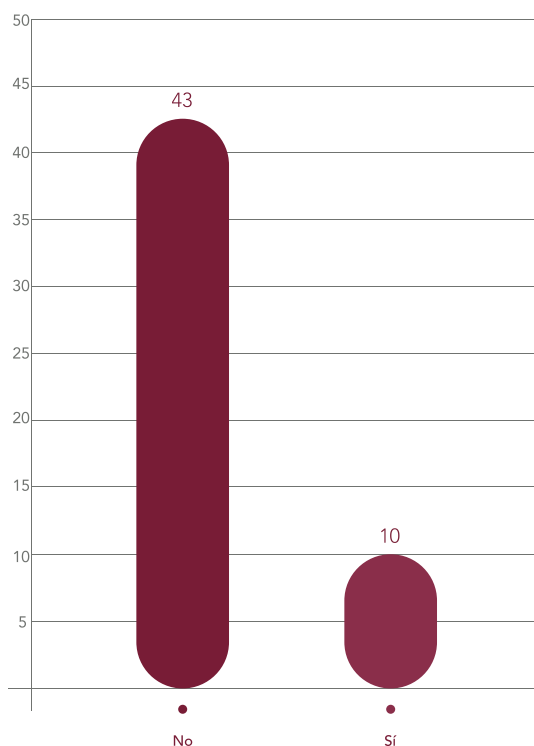
Gráfica 19. Implementación de eduroam.



5.1.23 IPv6 en las soluciones inalámbricas.

La habilitación y uso de IPv6 en las soluciones inalámbricas es clave para garantizar que los estudiantes, profesores e investigadores tengan acceso a una conectividad de vanguardia, capaz de soportar las innovaciones tecnológicas emergentes y las crecientes necesidades de la investigación y la enseñanza, a medida que avanzamos hacia un futuro donde la demanda de direcciones IP supera con creces las capacidades de IPv4, surge una pregunta fundamental que debemos abordar en el contexto de nuestras redes inalámbricas: ¿Tiene habilitado el soporte de IPv6 en las soluciones inalámbricas en el campus? De las respuestas a esta interrogante se desprende que:

- SI - contestaron 10 instituciones , es decir, el 18.86%
- NO - el resto de las 43 instituciones, el 81 %



Gráfica 20. Soporte de IPv6 en soluciones inalámbricas en los campus.

De las que contestaron afirmativamente indicaron porcentajes de despliegue IPv6 de 10%, 20% y 50% en segmentos de pila dual (IPv6+IPv4). Ninguna con segmentos (SSID) solo para IPv6.

Las instituciones que mencionaron tener habilitado IPv6 fueron:

- Universidad Politécnica de San Luis Potosí (UPSLP)
- Campus Zacatepec del Tecnológico Nacional de México
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)
- Hospital General Dr. Manuel Gea González
- Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI)
- Universidad de Guadalajara (UDG)
- Instituto Tecnológico del Valle de Etla del Tecnológico Nacional de México
- Universidad Politécnica de Apodaca (UPAPNL)
- Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS)

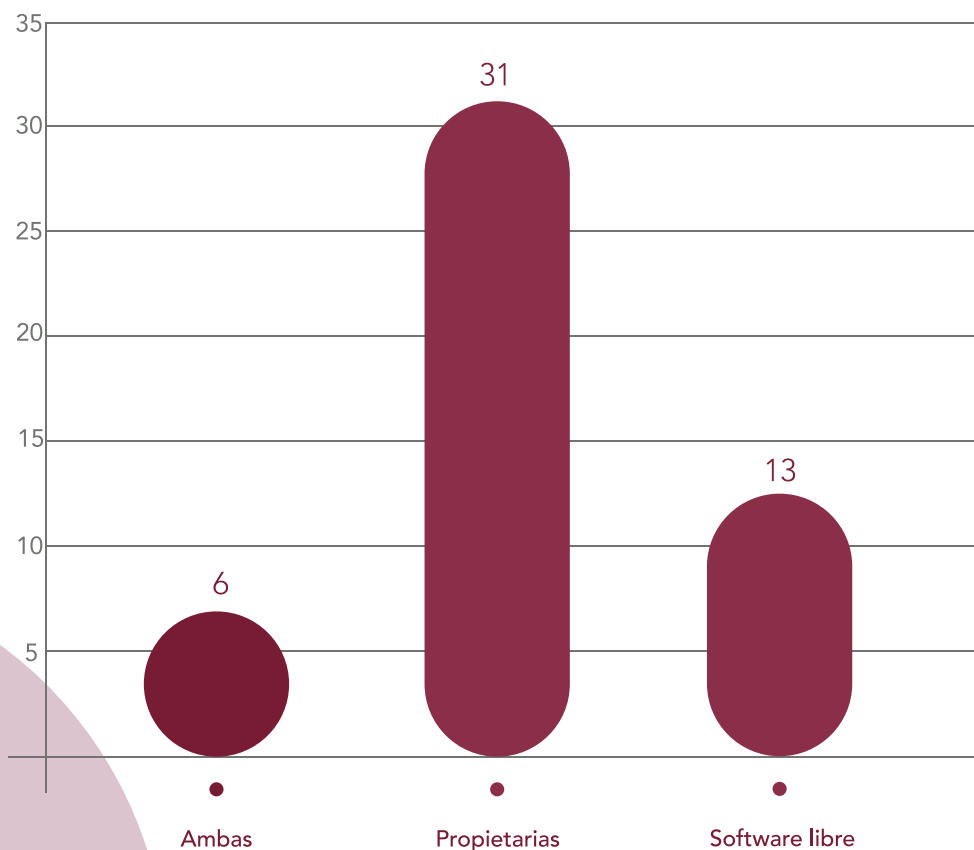
Ninguna indicó los motivos de no despliegue de IPv6 ni posible fecha de uso.

5.1.24 Herramientas de monitoreo para la red inalámbrica.

Para asegurar el rendimiento óptimo, la seguridad y la disponibilidad de la red inalámbrica, el monitoreo efectivo de la infraestructura es indispensable. Esto implica la necesidad de utilizar diversas herramientas de monitoreo, ya sean de software libre o propietarias.

Los datos obtenidos a través de este análisis revelan las siguientes tendencias entre las instituciones:

- 6 instituciones indicaron utilizar una combinación de soluciones propietarias y de software libre.
- 31 instituciones reportaron emplear exclusivamente herramientas propietarias.
- 13 instituciones señalaron el uso de únicamente software libre.

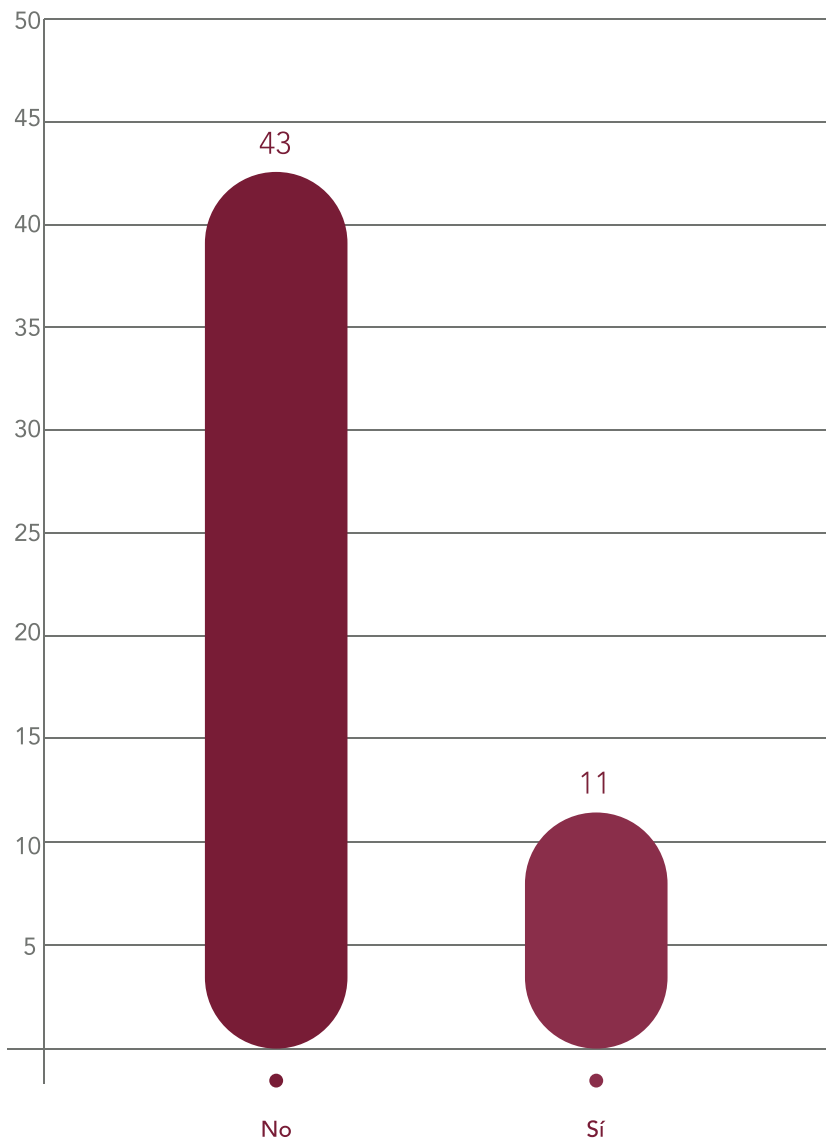


De las herramientas de monitoreo para la red inalámbrica propietarias mencionadas destacan: UNIFI, Fortigate, HPE Aruba Central, propias de Ruckus y Huawei, Extreme Campus Controller, Solarwinds, PRTG y a través de las controladoras o de firewalls.

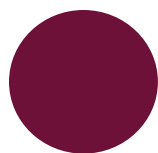
Las de software libre mencionadas fueron: NMS, Nagios, Zabbix, Fing (versión gratuita), WireShark, Syslog, Cacti, SmokePing, Graylog, Graphana y Netdat.

5.1.25 Bitácoras de consulta de usuarios versus espacios para la red inalámbrica.

Tener un registro detallado que vincule a los usuarios con los puntos de acceso o áreas específicas donde se conectan es más que una simple tarea de monitoreo. Es una herramienta poderosa para el análisis de rendimiento, la resolución de problemas y, de manera crucial, para la seguridad de la red inalámbrica. Una bitácora de este tipo permite identificar patrones de uso, optimizar la cobertura y detectar posibles accesos no autorizados o comportamientos anómalos. Sin embargo, el estudio revela que la implementación de esta práctica es limitada, solo 11 (19%) instituciones contestaron utilizar una bitácora de consulta de usuarios versus espacios para la red inalámbrica, mientras que 43 (81%) no la utilizan.

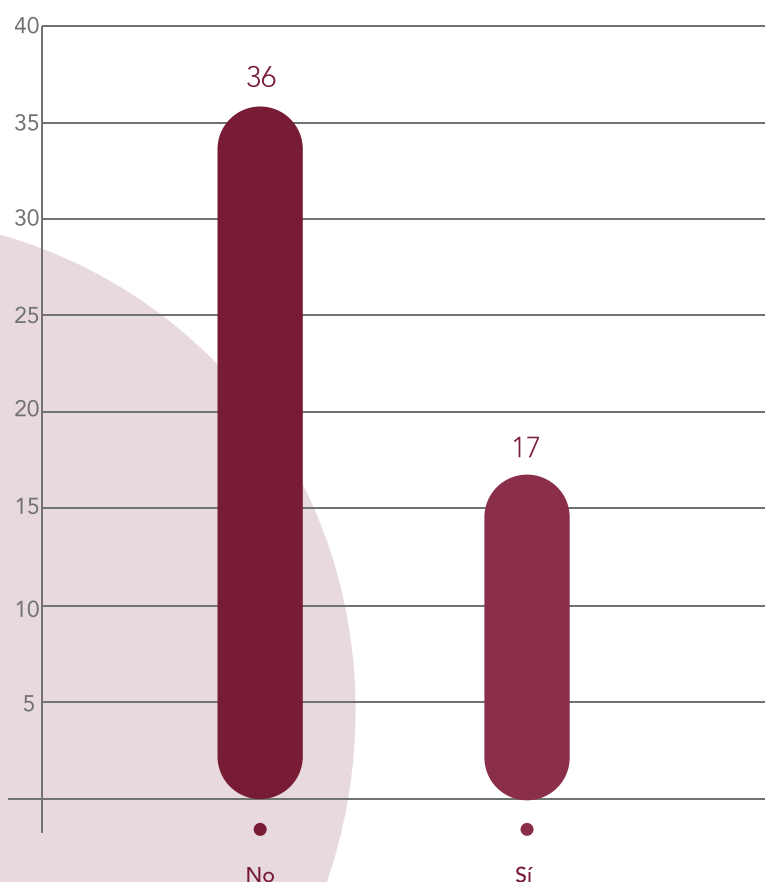


Gráfica 22. Bitácoras de consulta de usuarios versus espacios para la red inalámbrica.



5.1.26 Encuestas de satisfacción sobre los servicios de la red inalámbrica para los usuarios.

La retroalimentación directa de la comunidad es una herramienta invaluable. Permite identificar puntos fuertes, detectar áreas de mejora y validar que las inversiones en infraestructura y soporte están generando un impacto positivo. Conocer la percepción de los usuarios sobre aspectos como la velocidad, la confiabilidad, la cobertura y la facilidad de conexión es clave para ajustar las estrategias y prioridades en los servicios de red inalámbrica. Para entender cómo las instituciones están recabando esta información, se formuló la pregunta: ¿Utilizan alguna encuesta de satisfacción sobre los servicios de la red inalámbrica para los usuarios?



Gráfica 23. Encuesta de satisfacción de servicios de la red inalámbrica.

Las respuestas de los encuestados revelan una tendencia clara 36 (68%) instituciones contestaron que no utilizan estas encuestas, mientras que solo 17 (32%) sí las implementan.

5.1.27 Modificaciones a las soluciones de conectividad inalámbrica.

A la pregunta sobre las modificaciones que han realizado a sus soluciones inalámbrica los encuestados indicaron que:

- Actualización y modernización de infraestructura y soluciones existentes.
- Aceleración en la implementación de soluciones inalámbricas.
- Adquisición e incremento de infraestructura para la red inalámbrica.
- Robustecimiento de infraestructura cableada o core de la red.
- Adquisición de mayor ancho de banda.
- Adquisición de ancho de banda dedicado.
- Aumentar cobertura de red inalámbrica.
- Dar cobertura a zonas donde no existía.
- Uso de VPN para ampliar la red institucional
- Cambios en la política de contenidos a los que se tiene acceso.
- Nuevas políticas de seguridad y buen uso.
- Incremento de en el número de dispositivos por usuario.

Resumiendo los aspectos más mencionados como modificaciones a las soluciones de conectividad inalámbrica por la pandemia, en la siguiente tabla se concentran los mismos por el # de respuestas y el porcentaje que representó cada una.

Aspecto	# de respuestas (55 en total)	% (100%)
+Cobertura	17	30.91
+Ancho de banda (BW)	12 (1 ajuste)	21.82
+Uso	12	21.82
+Cantidad de usuarios	2	3.63
+Equipos	15 (1 Fibra Óptica/1 cableado)	27
+Tráfico	1	1.82
+Seguridad	5	9
-Seguridad	1	1.82
No cambios	6 (1 solo + uso)	10.91
Muy pocos	2(1 reubicaron los AP)	3.63
Redistribución	1	1.82
Optimización de gestión	1	1.82

Tabla 15. Modificadores a las soluciones de conectividad inalámbrica.

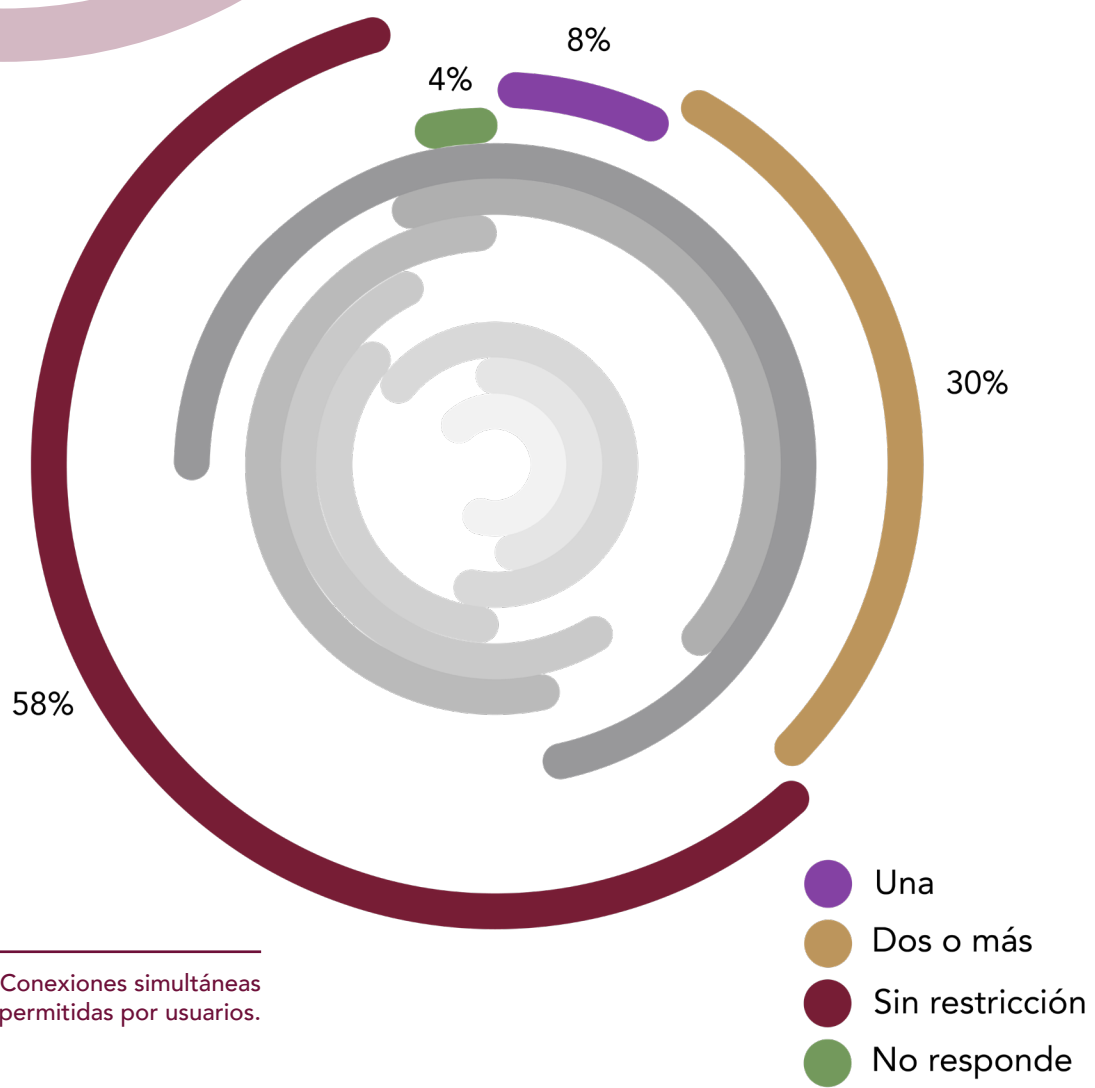
Haciendo un análisis de los aspectos más mencionados como resultado de la pandemia, destacan que mayor cobertura fue indicada por el 31% de las respuestas, mayor uso de equipos con 27%, seguidos por mayor ancho de banda (BW) y mayor uso de las redes inalámbricas con un 22% cada uno.

Al analizar las respuestas a esta pregunta se puede observar que algunos campus no realizaron mayores cambios en sus soluciones de conectividad inalámbrica pues, por su tamaño y número de usuarios ya estaban en curso de ampliar sus servicios. Sin embargo, otros no tenían previsto el cambio que provocó la pandemia.

Sin duda todos estos aspectos representaron y aún representan un gran reto para las instituciones y el personal de los campus que administran la red y la infraestructura de TI.

5.1.28 Conexiones simultáneas permitidas por usuario.

En la actualidad los usuarios cuentan con más de un dispositivo con acceso a internet esto genera que cada usuario haga conexiones simultáneas a la red. Se les pidió a los participantes que indicarán el nivel de restricciones de sus usuarios y los resultados muestran que 31 de los encuestados, lo que representa el 58 % del total, permiten un número ilimitado de conexiones por usuario. 16 de los encuestados, o el 30%, limitan las conexiones a dos o más, pero no especifican un número exacto. Solo 4 de los encuestados, el 8%, restringen a los usuarios a una sola conexión simultánea y 2 que representan el 4% restante de los encuestados no proporcionaron información.



Gráfica 24. Conexiones simultáneas permitidas por usuarios.

5.1.29 Cantidad de ancho de banda asignada a dispositivos conectados a la red inalámbrica.

Los resultados indican que la mayoría de las instituciones (59.2%) asignan 15 Mbps o más por dispositivo, lo cual representa una tendencia hacia el fortalecimiento de la capacidad de conexión y la calidad del servicio inalámbrico. Sin embargo, un grupo significativo (26.5%) aún opera con asignaciones iguales o inferiores a 5 Mbps, evidenciando brechas en el dimensionamiento del ancho de banda que podrían afectar la experiencia del usuario y la eficiencia en contextos de alta concurrencia. Este hallazgo sugiere la necesidad de políticas de gestión de capacidad adaptativa y planeación de escalabilidad, alineadas con el crecimiento proyectado del tráfico institucional.

Ancho de banda asignado por dispositivo (Mbps)	No. de Campus	Porcentaje (%)
<5 Mbps	3	6.1 %
5 Mbps	10	20.4 %
10 Mbps	7	14.3 %
15 o más Mbps	29	59.2 %
Total	49	100 %

Tabla 16. Resultados de la capacidad de conexión y la calidad del servicio inalámbrico.

6. Reflexiones finales

Tras el periodo de disrupción educativa provocado por la pandemia entre 2020 y 2022, resulta estratégico evaluar el estado actual de las instituciones de educación superior en términos de infraestructura tecnológica, particularmente en lo que respecta a la conectividad inalámbrica. Esta evaluación es un paso fundamental para emprender proyectos de transformación digital sostenibles y alineados con las exigencias del siglo XXI. La madurez tecnológica institucional y la factibilidad operativa son elementos clave para determinar el grado de preparación de cada campus hacia una educación digital integral, resiliente y escalable.

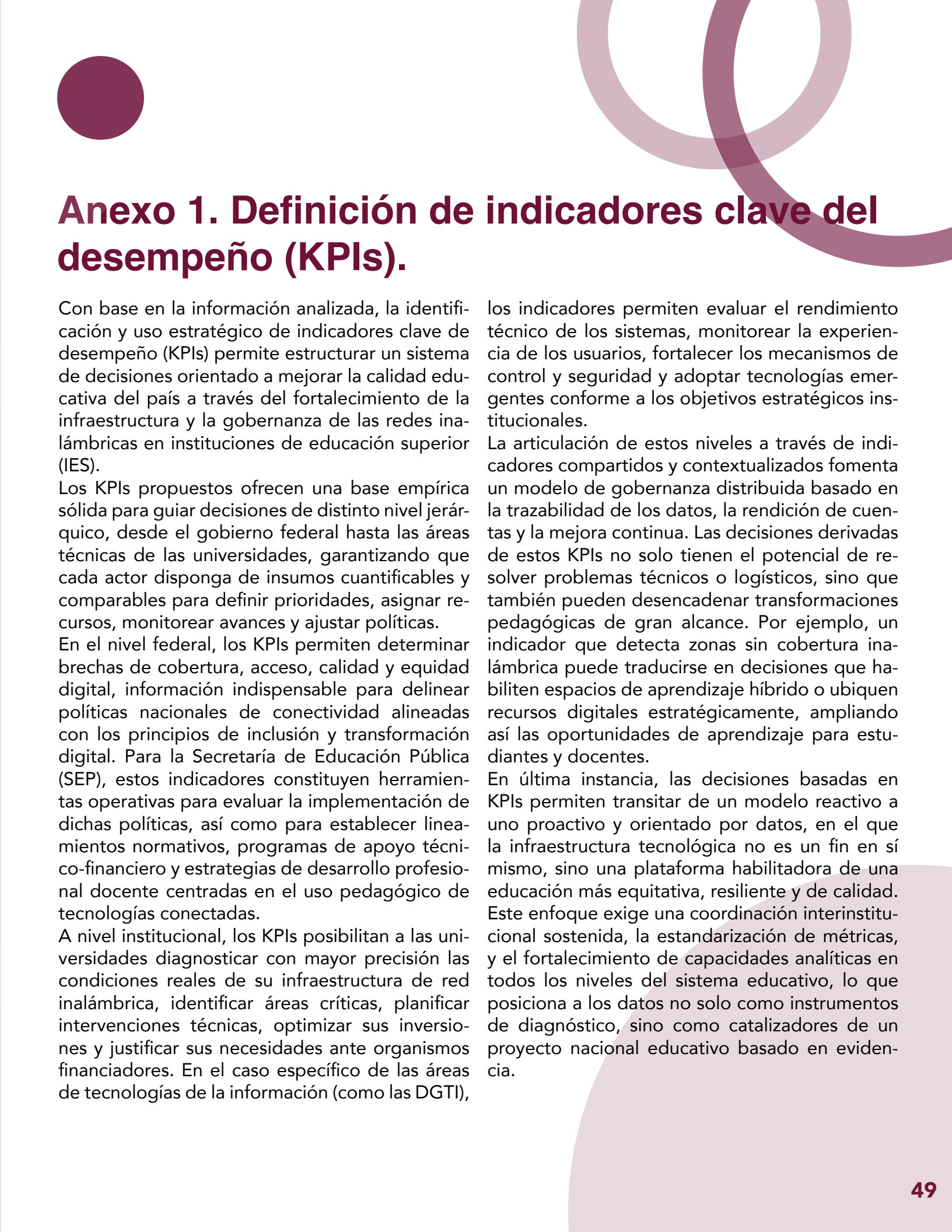
En este contexto, el análisis del estado de la conectividad inalámbrica se convierte en un indicador crítico para valorar la disposición institucional hacia modelos educativos híbridos, flexibles y centrados en el usuario. La observación sistemática de la infraestructura instalada, los equipos adquiridos, las políticas de gestión de red y el perfil del personal técnico responsable permite identificar patrones comunes entre instituciones, así como brechas específicas que requieren atención. Por ejemplo, conocer si un campus cuenta con controladores centralizados, redes segmentadas por roles académicos, o políticas de calidad de servicio (QoS) diferenciadas para videoconferencias y transmisión de contenido educativo, aporta información valiosa para caracterizar su nivel de madurez.

Este tipo de caracterización permite clasificar a las instituciones según categorías operativas, como el número de usuarios concurrentes, el tipo de dispositivos predominantes, el modelo

de gestión de ancho de banda o la existencia de mecanismos de autenticación federada. Un administrador de TI que gestiona una red con más de 5,000 usuarios diarios, por ejemplo, enfrenta desafíos distintos a los de una institución con cobertura limitada a zonas administrativas. En ambos casos, es necesario anticipar problemas como la saturación de canales, interferencias en bandas de frecuencia o la falta de segmentación de tráfico, y ofrecer recomendaciones técnicas específicas para su mitigación.

El objetivo final de esta observación es construir una hoja de ruta que permita a los responsables de infraestructura identificar con precisión su situación actual, mantengan vigentes sus componentes y se visualicen escenarios de crecimiento que adopten estrategias de escalabilidad para responder a la evolución de la demanda digital. Esta hoja de ruta debe contemplar:

- El establecimiento de ciclos de vida útil a los componentes de la infraestructura, con el objeto de evitar la incertidumbre ante la degradación del desempeño, abandono del soporte de fabricantes y reducción de tiempos entre fallas.
- La expansión física de la red en sintonía con el crecimiento de la base de usuarios y la demanda de servicios
- La integración de nuevas tecnologías, como Wi-Fi 6/6E y 7, redes definidas por software (SDN, por sus siglas en inglés) y soluciones de monitoreo inteligente, asegurando que la conectividad inalámbrica se mantenga como un habilitador clave de la innovación educativa y la eficiencia institucional.



Anexo 1. Definición de indicadores clave del desempeño (KPIs).

Con base en la información analizada, la identificación y uso estratégico de indicadores clave de desempeño (KPIs) permite estructurar un sistema de decisiones orientado a mejorar la calidad educativa del país a través del fortalecimiento de la infraestructura y la gobernanza de las redes inalámbricas en instituciones de educación superior (IES).

Los KPIs propuestos ofrecen una base empírica sólida para guiar decisiones de distinto nivel jerárquico, desde el gobierno federal hasta las áreas técnicas de las universidades, garantizando que cada actor disponga de insumos cuantificables y comparables para definir prioridades, asignar recursos, monitorear avances y ajustar políticas.

En el nivel federal, los KPIs permiten determinar brechas de cobertura, acceso, calidad y equidad digital, información indispensable para delinear políticas nacionales de conectividad alineadas con los principios de inclusión y transformación digital. Para la Secretaría de Educación Pública (SEP), estos indicadores constituyen herramientas operativas para evaluar la implementación de dichas políticas, así como para establecer lineamientos normativos, programas de apoyo técnico-financiero y estrategias de desarrollo profesional docente centradas en el uso pedagógico de tecnologías conectadas.

A nivel institucional, los KPIs posibilitan a las universidades diagnosticar con mayor precisión las condiciones reales de su infraestructura de red inalámbrica, identificar áreas críticas, planificar intervenciones técnicas, optimizar sus inversiones y justificar sus necesidades ante organismos financiadores. En el caso específico de las áreas de tecnologías de la información (como las DGTI),

los indicadores permiten evaluar el rendimiento técnico de los sistemas, monitorear la experiencia de los usuarios, fortalecer los mecanismos de control y seguridad y adoptar tecnologías emergentes conforme a los objetivos estratégicos institucionales.

La articulación de estos niveles a través de indicadores compartidos y contextualizados fomenta un modelo de gobernanza distribuida basado en la trazabilidad de los datos, la rendición de cuentas y la mejora continua. Las decisiones derivadas de estos KPIs no solo tienen el potencial de resolver problemas técnicos o logísticos, sino que también pueden desencadenar transformaciones pedagógicas de gran alcance. Por ejemplo, un indicador que detecta zonas sin cobertura inalámbrica puede traducirse en decisiones que habiliten espacios de aprendizaje híbrido o ubiquen recursos digitales estratégicamente, ampliando así las oportunidades de aprendizaje para estudiantes y docentes.

En última instancia, las decisiones basadas en KPIs permiten transitar de un modelo reactivo a uno proactivo y orientado por datos, en el que la infraestructura tecnológica no es un fin en sí mismo, sino una plataforma habilitadora de una educación más equitativa, resiliente y de calidad. Este enfoque exige una coordinación interinstitucional sostenida, la estandarización de métricas, y el fortalecimiento de capacidades analíticas en todos los niveles del sistema educativo, lo que posiciona a los datos no solo como instrumentos de diagnóstico, sino como catalizadores de un proyecto nacional educativo basado en evidencia.

1.1 Satisfacción general.

Los resultados reflejan una percepción positiva por parte de los administradores / gestores de las redes inalámbricas en las instituciones de educación superior. La mayoría de las respuestas se concentraron en las categorías “de acuerdo” y “muy de acuerdo”, particularmente en los ítems que contribuyen a una buena experiencia y recomendarían la red, ambos con promedios superiores a 4 puntos, lo que sugiere confianza en el desempeño operativo y en la calidad del servicio que ofrecen las soluciones actuales. No obstante, los ítems cumplen expectativas y satisfacción general presentan medias ligeramente inferiores (3.67 y 3.73), lo que indica que, aunque la infraestructura cumple su función técnica, aún existen áreas de oportunidad para alinear las capacidades de la red con las expectativas institucionales. Desde una perspectiva técnica, estos resultados sugieren la necesidad de fortalecer mecanismos de monitoreo de desempeño y retroalimentación continua que permitan traducir la fiabilidad percibida en una experiencia integral de servicio, sostenida en políticas de gestión proactiva y mejora continua de la red inalámbrica.

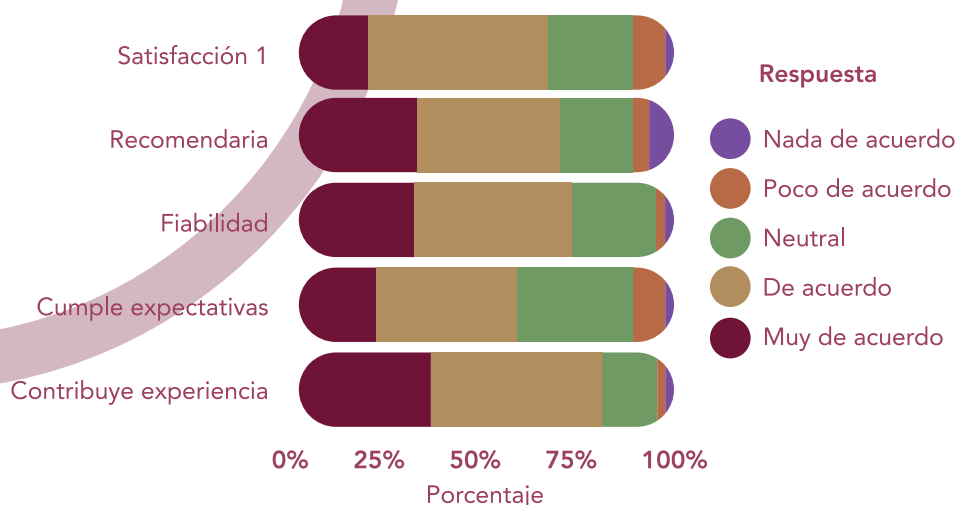
	Contribuye experiencia	Cumple expectativas	Fiabilidad	Recomendaría	Satisfacción
Nada de acuerdo	1	1	1	3	1
Poco de acuerdo	1	4	1	2	4
Neutral	7	15	11	9	11
De acuerdo	22	18	20	18	23
Muy de acuerdo	17	10	15	15	9
	48	48	48	47	48

Tabla 17. Resultados de una percepción positiva de los administradores/gestores de las redes inalámbricas.

Ítem	Media
Contribuye experiencia	4.10
Cumple expectativas	3.67
Fiabilidad	3.98
Recomendaría	9.85
Satisfacción 1	3.73

Tabla 18. Media del ítem de satisfacción general.

Satisfacción general - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 25. Distribución de respuesta por ítem de satisfacción general.

1.2 Soporte técnico

Los resultados sobre el soporte técnico de las redes inalámbricas muestran una evaluación favorable y consistente entre los administradores de TI de las instituciones participantes. Los ítems resolución/tiempo (4.27), competencia del personal (4.21) y rapidez/eficiencia (4.19) obtuvieron las medias más altas, evidenciando que las áreas técnicas mantienen procesos de atención ágiles y con personal calificado para resolver incidencias. En contraste, los aspectos de atención al cliente y mantenimiento, registraron valores ligeramente inferiores (3.98 en ambos casos), lo que sugiere oportunidades de mejora en la comunicación con los usuarios internos y en la planeación preventiva de las labores de mantenimiento. Desde una perspectiva de gestión, los datos reflejan que el soporte técnico es percibido como competente y eficiente, pero requiere fortalecer su enfoque en la experiencia del usuario institucional y en estrategias de mantenimiento predictivo que aseguren la continuidad operativa y la sostenibilidad de la red inalámbrica.

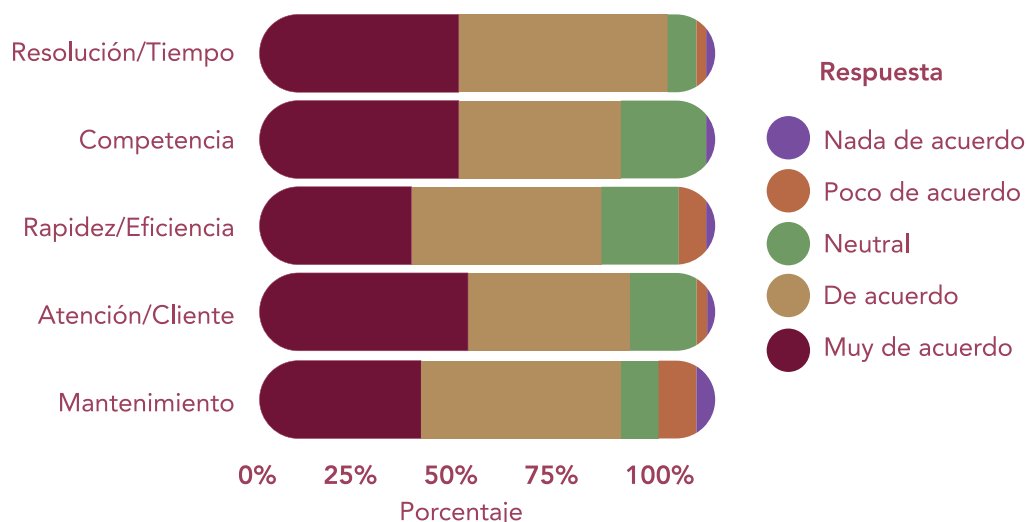
	Rapidez/ Eficiencia	Resolución/ Tiempo	Competencia	Atención/ Cliente	Mantenimiento
Nada de acuerdo	1	1	1	2	1
Poco de acuerdo	0	1	1	4	3
Neutral	9	3	7	4	8
De acuerdo	17	22	17	21	20
Muy de acuerdo	21	21	22	17	16
	48	48	48	48	48

Tabla 19. Resultados del bloque de soporte técnico de redes inalámbricas.

Ítem	Media
Resolución/Tiempo	4.27
Competencia	4.21
Rapidez/Eficiencia	4.19
Atención/Cliente	3.98
Mantenimiento	3.98

Tabla 20. Media de ítem de soporte técnico.

Soporte Técnico - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 26. Distribución de respuesta por ítem de soporte técnico.

1.3 Fiabilidad

Los resultados del bloque de fiabilidad y *uptime* evidencian una percepción favorable sobre la estabilidad operativa de las redes inalámbricas en las instituciones participantes. Los ítems *uptime* (4.15) y recuperación ante fallas (4.12) obtienen las puntuaciones promedio más altas, lo que indica que los gestores de red consideran que las interrupciones son poco frecuentes y que los tiempos de restablecimiento son adecuados para mantener la continuidad del servicio. Asimismo, los indicadores de infraestructura y mantenimiento (4.00) y conexión constante (3.98) refuerzan la idea de una operación técnicamente sólida, aunque con margen para optimizar la disponibilidad sostenida en escenarios de alta demanda. En contraste, el ítem caídas (3.77) refleja la principal área de atención, sugiriendo que, si bien la estabilidad es buena, existen eventos aislados que pueden impactar la experiencia institucional. Desde la perspectiva técnica, estos resultados señalan la necesidad de fortalecer las estrategias de monitoreo proactivo, mantenimiento preventivo y redundancia estructural, con el fin de garantizar un servicio inalámbrico resiliente y alineado con los estándares de calidad requeridos para la operación académica y administrativa continua.

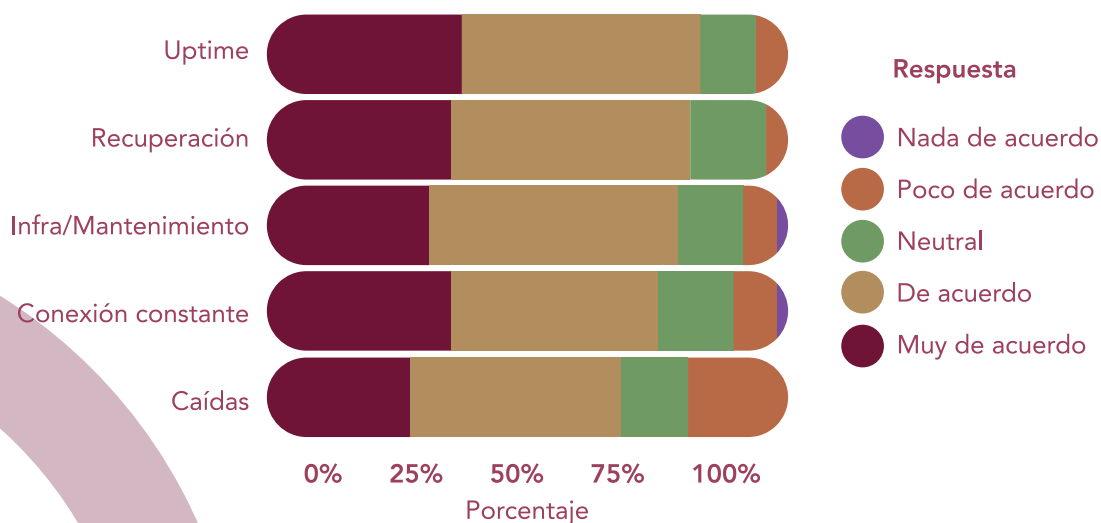
	Uptime	Caídas	Recuperación	Infra/ Mantenimiento	Conexión constante
Nada de acuerdo	0	0	0	1	1
Poco de acuerdo	3	9	2	3	4
Neutral	5	6	7	6	7
De acuerdo	22	19	22	23	19
Muy de acuerdo	18	13	17	15	17

Tabla 21. Resultados de bloque de fiabilidad y uptime sobre la estabilidad de las redes inalámbricas.

Ítem	Media
Uptime	4.15
Recuperación	4.12
Infra/Mantenimiento	4
Conexión constante	3.98
Caídas	3.77

Tabla 22. Media de integración y compatibilidad por ítem.

Fiabilidad/ Uptime - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 27. Distribución de respuesta por ítem de fiabilidad.

1.4 Integración y compatibilidad

Los resultados del bloque de integración y compatibilidad muestran una valoración altamente positiva por parte de los administradores de red, destacando la solidez de las soluciones implementadas para garantizar la interoperabilidad de los sistemas. El ítem integra cableado obtiene la media más alta (4.50), seguido por gestión de sistemas compatibles (4.33), lo que evidencia que la mayoría de las instituciones han logrado una integración efectiva entre las capas alámbricas e inalámbricas, así como una gestión coherente de los componentes tecnológicos. Los ítems integración de aplicaciones (4.19), interoperabilidad (4.15) y conectividad (4.06) mantienen los valores altos, aunque ligeramente inferiores, reflejando que, si bien la infraestructura técnica es robusta, aún existen oportunidades para mejorar la compatibilidad entre plataformas digitales y la continuidad del servicio entre distintos entornos tecnológicos. Desde una perspectiva institucional, estos resultados sugieren que las IES han alcanzado un grado de madurez tecnológica avanzado, pero requieren fortalecer estrategias de integración transversal que aseguren una conectividad fluida y homogénea en todos los sistemas académicos y administrativos.

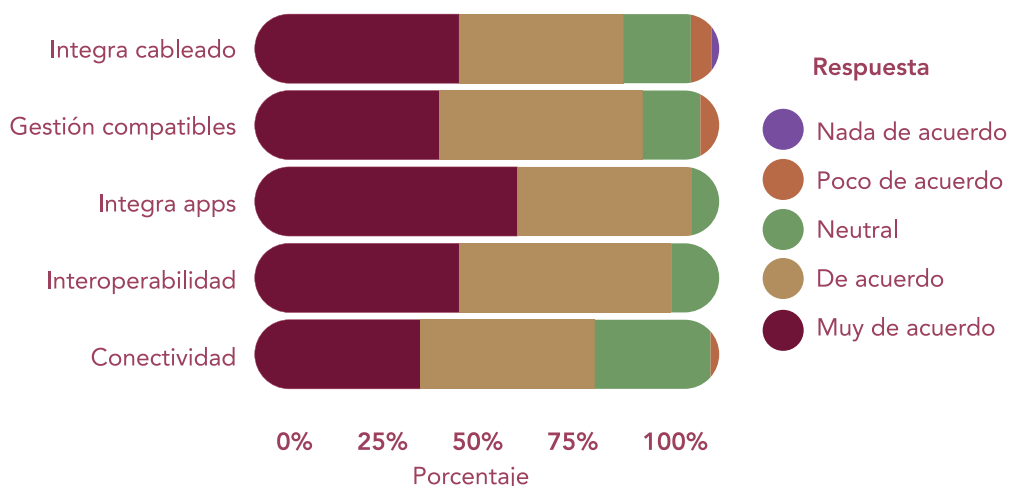
	Integra cableado	Gestión compatibles	Integra apps	Interoperabilidad	Conectividad
Nada de acuerdo	0	0	1	0	0
Poco de acuerdo	0	0	2	2	1
Neutral	3	5	7	6	12
De acuerdo	18	22	17	21	18
Muy de acuerdo	27	21	21	19	17

Tabla 23. Resultados de bloque de integración y compatibilidad.

Ítem	Media
Integra cableado	4.50
Gestión compatibles	4.33
Integra apps	4.19
Interoperabilidad	4.15
Conectividad	4.06

Tabla 24. Media de integración y compatibilidad por ítem.

Integración/Compatibilidad - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 28. Distribución de respuesta por ítem de integración y compatibilidad.

1.5 Costos y presupuestos

Los resultados del bloque de costos y presupuestos reflejan una evaluación favorable en términos de eficiencia y percepción de valor respecto a la inversión institucional en redes inalámbricas. El ítem costo-beneficio alcanza la media más alta (4.42), seguido de costo de mantenimiento (4.16) y gestión del presupuesto (4.12), lo que sugiere que los administradores de TI perciben una adecuada relación entre la inversión realizada y el desempeño operativo de la infraestructura. En contraste, los ítems recursos eficientes (3.98) e inversión valiosa (3.90) presentan valores ligeramente menores, indicando que, aunque las soluciones implementadas son financieramente justificables, aún existen retos para optimizar el uso de recursos y garantizar una planeación presupuestal sostenida. Desde una perspectiva técnica y de gestión, los resultados apuntan a la necesidad de fortalecer mecanismos de evaluación del retorno de inversión (ROI, por sus siglas en inglés) y modelos de financiamiento orientados a la actualización tecnológica continua, asegurando que las decisiones presupuestales mantengan el equilibrio entre eficiencia operativa, sostenibilidad y mejora de la calidad del servicio inalámbrico.

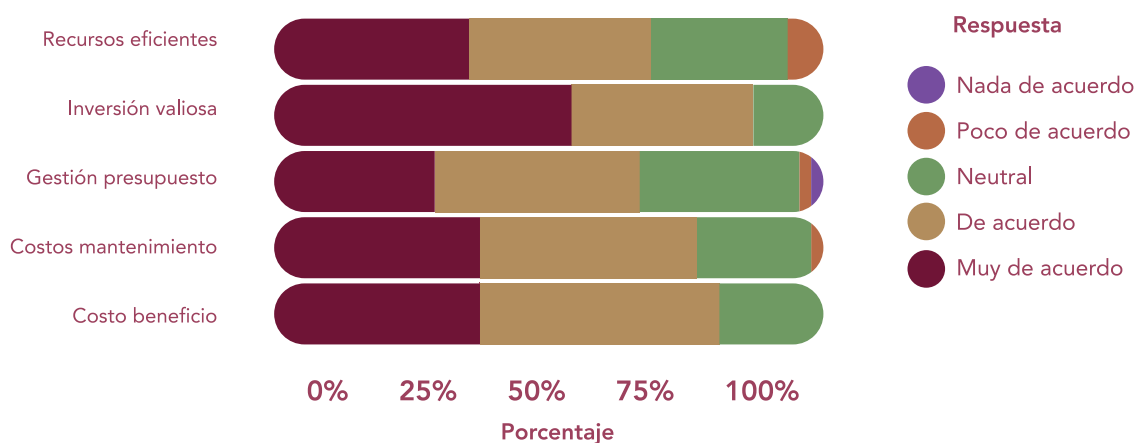
	Costo beneficio	Costo mantenimiento	Gestión presupuesto	Recursos eficientes	Inversión valiosa
Nada de acuerdo	0	0	1	0	0
Poco de acuerdo	0	1	1	3	0
Neutral	9	10	14	12	6
De acuerdo	21	19	18	16	16
Muy de acuerdo	18	18	14	17	26

Tabla 25. Resultados del bloque de costos y presupuestos en redes inalámbricas.

Ítem	Media
Costo beneficio	4.42
Costo mantenimiento	4.16
Gestión presupuesto	4.12
Recursos eficientes	3.98
Inversión valiosa	3.90

Tabla 26. Media de costos y presupuestos por ítem.

Costos/Presupuesto - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 29. Distribución de respuesta por ítem de costos y presupuestos.

1.6 Escalabilidad

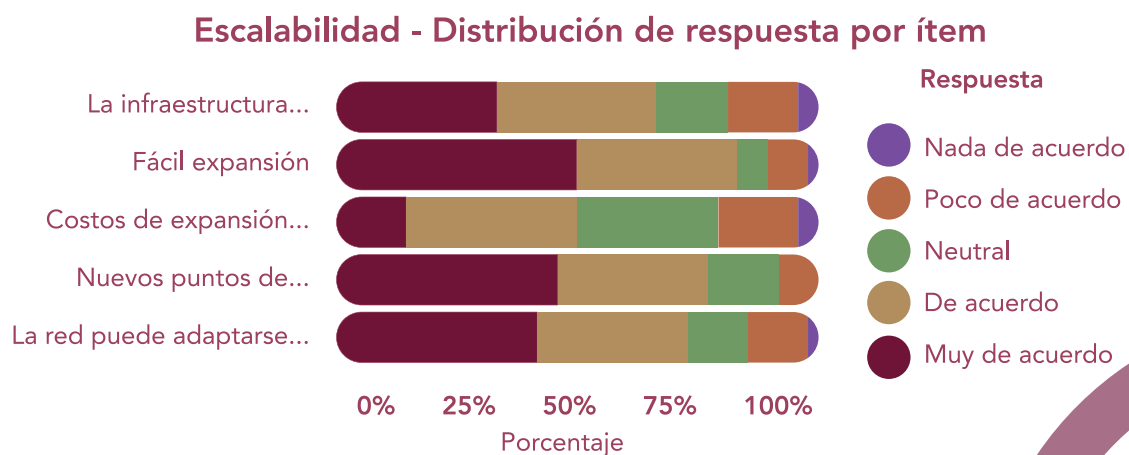
Los resultados del bloque de escalabilidad muestran una percepción positiva, aunque con matices, respecto a la capacidad de las instituciones para ampliar o adaptar sus redes inalámbricas ante nuevas demandas. Los ítems expansión fácil (4.21) y puntos de acceso sin afectar la operación (4.15) registran las medias más altas, evidenciando que los administradores consideran viable la ampliación de la infraestructura sin comprometer la estabilidad del servicio. Sin embargo, los indicadores adaptación de usuarios (3.98) e integración tecnológica (3.77) reflejan áreas donde los procesos de actualización requieren mayor acompañamiento técnico y planeación estratégica. El ítem costos de expansión (3.40) presenta la media más baja, lo que revela una limitante presupuestal significativa para escalar las soluciones existentes. Desde una perspectiva técnica y de gobernanza, los resultados sugieren que las instituciones poseen una base estructural adecuada para el crecimiento de sus redes, pero necesitan fortalecer la planeación financiera y la interoperabilidad tecnológica para garantizar una expansión sostenible, eficiente y alineada con la evolución de la demanda digital institucional.

	Fácil expansión	Nuevos puntos de acceso sin afectar la calidad	La red puede adaptarse a un aumento de usuarios	Costos expansión son razonables y manejables	La infraestructura permite una fácil integración de nuevas tecnologías
Nada de acuerdo	1	0	1	2	2
Poco de acuerdo	4	4	6	8	7
Neutral	3	7	6	14	7
De acuerdo	16	15	15	17	16
Muy de acuerdo	24	22	20	7	16
	48	48	48	48	48

Tabla 27. Resultados del bloque de escalabilidad en redes inalámbricas.

Ítem	Media
Fácil expansión	4.21
Nuevos puntos de acceso sin afectar la calidad	4.15
La red puede adaptarse aun aumento de usuarios	3.98
Costos de expansión son razonables y manejables	3.77
La infraestructura permite una fácil integración de nuevas tecnologías	3.40

Tabla 28. Media de escalabilidad por ítem.



Gráfica 30. Distribución de respuesta por ítem de escalabilidad

1.7 Gestión y administración

Los resultados del bloque de gestión y administración evidencian una valoración positiva de los procesos operativos y de control de las redes inalámbricas en las instituciones participantes. Los ítems gestión centralizada (4.21), herramientas rápidas (4.13) y configuración actualizada (4.12) obtienen las medias más altas, reflejando que la mayoría de los administradores cuenta con plataformas de control que permiten una supervisión eficiente y actualizada de la infraestructura. El ítem informes detallados (4.00) confirma la presencia de mecanismos de monitoreo y documentación, aunque con posibilidad de mejora en la sistematización de reportes para la toma de decisiones. En contraste, el ítem administración sin expertise (3.00) presenta la puntuación más baja, lo que sugiere que algunas instituciones enfrentan limitaciones en la disponibilidad o especialización del personal técnico. Desde una perspectiva de gobernanza tecnológica, los resultados indican que existe una estructura de gestión madura y funcional, pero que requiere consolidar la profesionalización continua del personal y la integración de herramientas analíticas avanzadas para garantizar una administración más autónoma, predictiva y basada en datos.

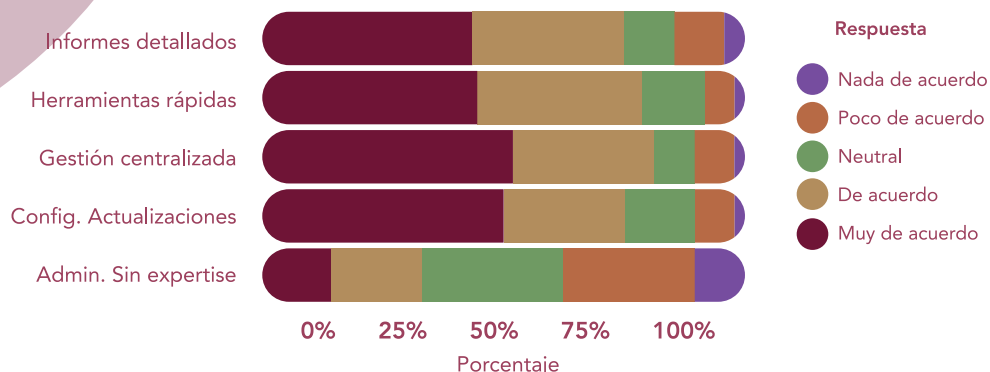
	Gestión centralizada	Herramientas rápidas	Informes detallados	Configuración actualizada	Administración sin expertise
Nada de acuerdo	1	1	2	5	1
Poco de acuerdo	4	3	5	4	13
Neutral	4	6	5	7	14
De acuerdo	14	16	15	12	9
Muy de acuerdo	25	21	21	24	7
	48	47	48	48	48

Tabla 29. Resultados del bloque de gestión y administración en redes inalámbricas.

Ítem	Media
Gestión centralizada	4.21
Herramientas rápidas	4.13
Config. Actualizada	4.12
Informes detallados	4
Admin. Sin expertise	3

Tabla 30. Media de gestión y administración por ítem.

Gestión/Administración - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 31. Distribución de respuesta por ítem de gestión y administración.

1.8 Políticas de seguridad

Los resultados del bloque de seguridad y políticas reflejan una evaluación moderada, lo que indica que, si bien las instituciones cuentan con medidas básicas de protección, persisten áreas de mejora en la consolidación de una cultura de seguridad digital integral. El ítem actualización de seguridad obtuvo la media más alta (3.88), señalando que la mayoría de los administradores mantiene procesos de revisión periódica, aunque sin alcanzar niveles óptimos de automatización o cobertura. Los ítems autenticación (3.39) y cifrado (3.29) presentan valores intermedios, lo que sugiere que las prácticas de control de acceso y protección de datos son aplicadas de forma parcial o con tecnologías heterogéneas entre campus. Por su parte, políticas institucionales (3.42) y especialmente conciencia de usuarios (2.83) evidencian los principales desafíos, al mostrar que la seguridad aún depende en gran medida de medidas técnicas y menos de la adopción de protocolos y capacitación. Desde una perspectiva de gobernanza, estos resultados subrayan la necesidad de fortalecer marcos institucionales de ciberseguridad, desarrollar programas de sensibilización para usuarios y establecer políticas unificadas que garanticen la protección integral de la red inalámbrica ante amenazas emergentes.

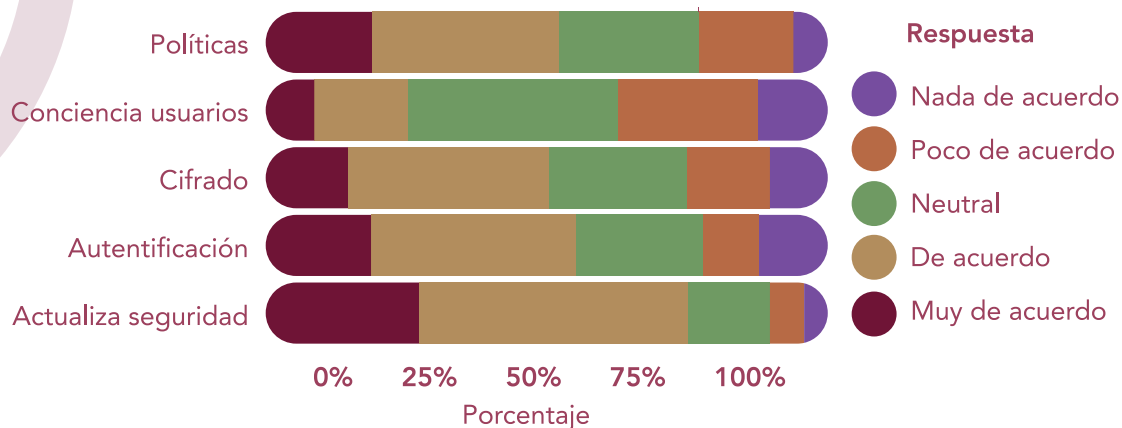
	Autenticación	Cifrado	Actualiza seguridad	Políticas	Conciencia usuarios
Nada de acuerdo	6	5	2	3	6
Poco de acuerdo	5	7	3	8	12
Neutral	11	12	7	12	18
De acuerdo	18	17	23	16	8
Muy de acuerdo	9	7	13	9	4
	49	48	48	48	48

Tabla 31. Resultados del bloque de políticas de seguridad en redes inalámbricas.

Ítem	Media
Actualiza seguridad	3.88
Políticas	3.42
Autenticación	3.39
Cifrado	3.29
Conciencia usuarios	2.83

Tabla 32. Media del ítem de políticas de seguridad.

Seguridad/Políticas - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 32. Distribución de respuesta por ítem de políticas de seguridad.

1.9 Concurrencia dispositivos

Los resultados del bloque de concurrencia y dispositivos reflejan una percepción positiva, aunque con retos asociados a la gestión de entornos de alta densidad de conexión. Los ítems diferentes tipos de dispositivos (3.80) y multidispositivos (3.67) obtienen las medias más altas, indicando que las redes institucionales logran atender adecuadamente la diversidad tecnológica y la conexión simultánea de varios equipos por usuario. Sin embargo, los ítems uso en espacios personales (3.61), áreas densas con conexión estable (3.55) y eventos grandes (3.49) muestran valores más bajos, evidenciando que la estabilidad de la red se ve comprometida cuando la demanda de acceso se concentra o aumenta significativamente. Desde una perspectiva técnica, estos resultados sugieren que, aunque las redes inalámbricas son funcionalmente adaptables y compatibles con múltiples dispositivos, aún requieren fortalecer su capacidad de balanceo de carga, segmentación de tráfico y dimensionamiento de ancho de banda para garantizar un desempeño óptimo en escenarios de alta concurrencia y en eventos institucionales de gran escala.

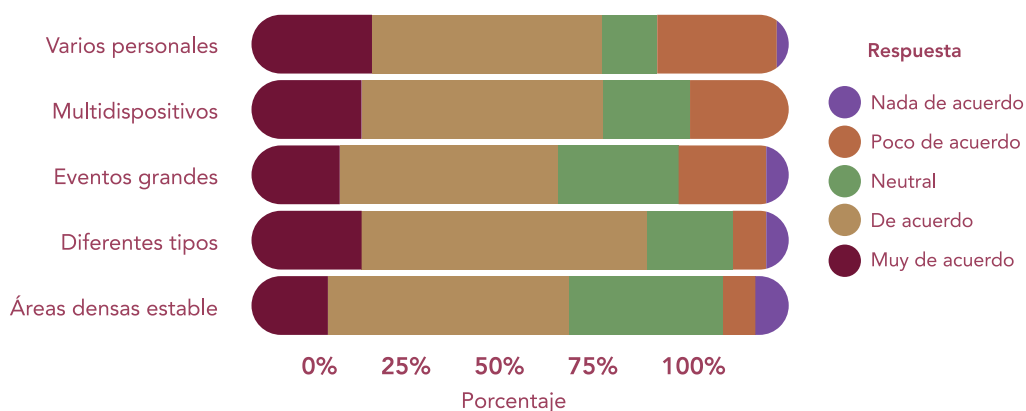
	Multi-dispositivos	Áreas densas estable	Varios personales	Eventos grandes	Diferentes tipos
Nada de acuerdo	0	3	1	2	2
Poco de acuerdo	9	3	11	8	3
Neutral	8	14	5	11	8
De acuerdo	22	22	21	20	26
Muy de acuerdo	10	7	11	8	10
	49	49	49	48	48

Tabla 33. Resultados del bloque de concurrencia de dispositivos de la redes inalámbricas.

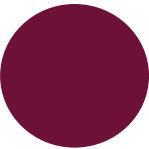
Ítem	Media
Diferentes tipos	3.8
Multidispositivos	3.67
Varios personales	3.61
Áreas densas estables	3.55
Eventos grandes	3.49

Tabla 34. Media del ítem de concurrencia de dispositivos.

Concurrencia/Dispositivos - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 33. Distribución de respuesta por ítem de concurrencia de dispositivos.



1.10 Rendimiento

Los resultados del bloque de rendimiento de uso muestran una evaluación moderadamente positiva respecto al comportamiento operativo de las redes inalámbricas ante distintos tipos de demanda institucional. El ítem videoconferencia presenta la media más alta (3.98), lo que indica un desempeño estable para actividades académicas y administrativas que requieren transmisión continua de audio y video. En contraste, los ítems descargas (3.67) y velocidad general (3.61) muestran una percepción favorable, aunque no sobresaliente, sugiriendo posibles variaciones en el ancho de banda disponible o en la priorización del tráfico. Por su parte, alta demanda (3.46) y navegación general (3.39) reflejan los mayores retos, evidenciando que el rendimiento disminuye cuando la red enfrenta picos de conexión o múltiples usuarios simultáneos. Desde la perspectiva técnica, estos hallazgos apuntan a la necesidad de implementar mecanismos de gestión de tráfico (QoS), monitoreo dinámico de consumo y segmentación de usuarios, con el fin de optimizar la distribución de recursos y garantizar un rendimiento consistente incluso en escenarios de alta demanda.

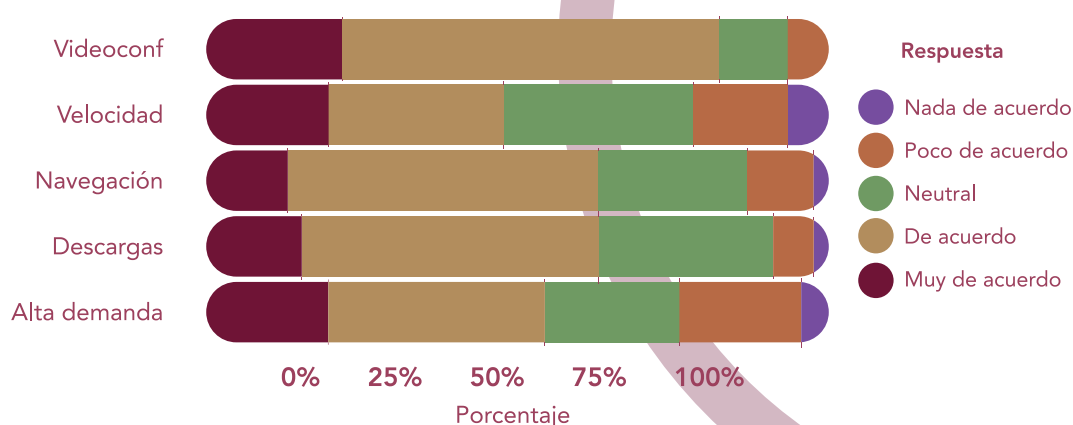
	Videoconf	Descargas	Velocidad	Alta demanda	Navegación
Nada de acuerdo	0	1	3	2	1
Poco de acuerdo	3	3	7	9	5
Neutral	5	13	14	10	11
De acuerdo	28	22	13	16	23
Muy de acuerdo	10	7	9	9	6
	46	46	46	46	46

Tabla 35. Resultados del bloque de redimiento de uso de las redes inalámbricas.

Ítem	Media
Videoconf	3.98
Descargas	3.67
Velocidad	3.61
Alta demanda	3.46
Navegación	3.39

Tabla 36. Media de ítem de rendimiento de uso.

Rendimiento de uso - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 34. Distribución de respuesta por ítem de rendimiento de uso.

1.11 Cobertura Señal

Los resultados del bloque de cobertura y señal reflejan una percepción mixta, donde se reconoce un funcionamiento aceptable en zonas interiores, pero con limitaciones notorias en áreas exteriores y de alta densidad. Los ítems interiores fuertes (3.73) y cobertura en exteriores (3.69) presentan las medias más altas, lo que indica que las instituciones han logrado asegurar una conectividad adecuada en los espacios más utilizados del campus. Sin embargo, los ítems edificios alejados (3.45) y eventos de alta densidad (3.18) revelan desafíos en la estabilidad del servicio cuando la señal debe extenderse a zonas periféricas o atender grandes concentraciones de usuarios. El valor más bajo se observa en sin zonas muertas (2.67), lo que confirma la persistencia de áreas con cobertura limitada o intermitente. Desde una perspectiva técnica, estos resultados evidencian la necesidad de fortalecer los esquemas de planeación de cobertura, radiofrecuencia y distribución de puntos de acceso, priorizando estudios de sitio y estrategias de optimización que permitan una señal uniforme y confiable en todo el entorno institucional.

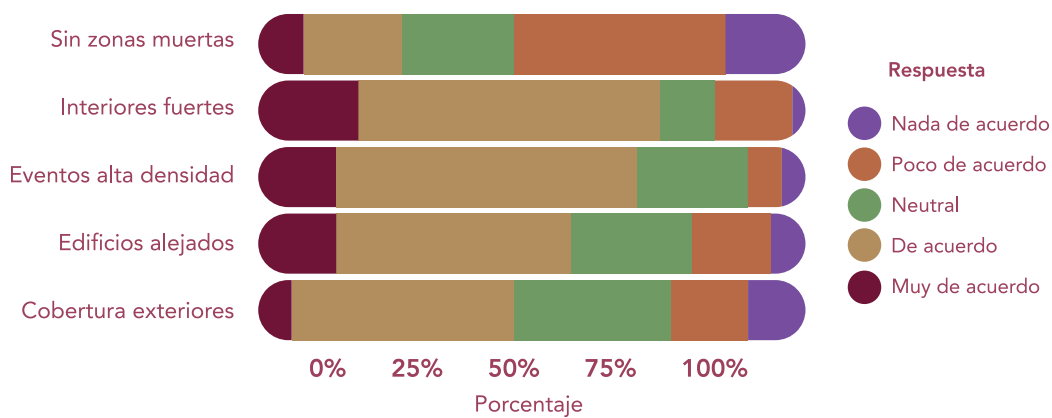
	Interiores fuertes	Cobertura exteriores	Edificios alejados	Eventos alta densidad	Sin zonas muertas
Nada de acuerdo	1	5	3	2	7
Poco de acuerdo	7	7	7	3	19
Neutral	5	14	11	10	10
De acuerdo	25	20	21	27	9
Muy de acuerdo	9	3	7	7	4
	47	49	49	49	49

Tabla 37. Resultados del bloque de cobertura y señal de las redes inalámbricas.

Ítem	Media
Interiores fuertes	3.73
Cobertura exteriores	3.69
Edificios alejados	3.45
Eventos alta densidad	3.18
Sin zonas muertas	2.67

Tabla 38. Media del ítem de cobertura de señal.

Cobertura/Señal - Distribución de respuesta por ítem



Gráfica 35. Distribución de respuesta por ítem de cobertura y señal.

1.12 Resultados del anexo 1

El análisis consolidado de los once apartados del Anexo 1 evidencia que, en términos generales, las redes inalámbricas en las IES mexicanas presentan un nivel de madurez técnica funcional y satisfactoria, aunque aún con áreas críticas que requieren fortalecimiento estructural, operativo y de gobernanza digital. Los resultados reflejan una alta valoración de la experiencia de uso y del soporte técnico, con administradores que destacan la fiabilidad del servicio, la competencia del personal y la capacidad de respuesta ante incidencias. Asimismo, se observa una buena percepción en la integración entre las redes alámbricas e inalámbricas, lo que indica avances hacia modelos de infraestructura convergente y escalable.

No obstante, los indicadores relacionados con seguridad, cobertura, escalabilidad y sostenibilidad presupuestal muestran márgenes de mejora que deben atenderse estratégicamente. Persisten brechas en la aplicación sistemática de políticas de seguridad, capacitación de usuarios y estandarización de prácticas de cifrado y autenticación. De igual forma, la disponibilidad de señal en zonas de alta densidad y edificios alejados continúa siendo un desafío recurrente, lo que sugiere la necesidad de reforzar la planeación radioeléctrica, la segmentación del tráfico y la gestión de ancho de banda. En el ámbito financiero, aunque las inversiones son percibidas como costo-eficientes, se advierte la conveniencia de establecer mecanismos de evaluación de retorno de inversión y presupuestos multianuales que aseguren la actualización continua de la infraestructura.

En conjunto, los hallazgos confirman que las IES han avanzado significativamente hacia una infraestructura inalámbrica estable, interoperable y administrativamente controlada, capaz de sostener los procesos académicos y administrativos de la educación superior mexicana. Sin embargo, para garantizar la continuidad y evolución de estos servicios en el marco de la transformación digital, será indispensable fortalecer la gobernanza tecnológica, profesionalizar la gestión del talento técnico y consolidar un modelo nacional de conectividad basado en métricas, interoperabilidad y seguridad proactiva. Solo mediante esta visión integral las instituciones podrán transitar hacia redes más resilientes, inteligentes y sostenibles, alineadas con los objetivos estratégicos de una educación digital de calidad.

Anexo 2. Análisis integral del estado de la infraestructura inalámbrica en México.

En este documento se presenta un análisis multidimensional del estado de la infraestructura inalámbrica en México. El análisis multidimensional constituye una metodología que permite examinar grandes volúmenes de datos desde diversas perspectivas, facilitando contextualizar la información y detectar patrones, relaciones y tendencias que no son evidentes mediante enfoques tradicionales. Esta capacidad resulta especialmente relevante en entornos donde la complejidad de los fenómenos requiere una interpretación estructurada y profunda.

Este análisis aborda una perspectiva multidimensional que considera el tipo de institución como eje de segmentación. Además, se contemplan variables complejas como infraestructura física, rendimiento técnico, gestión y administración, así como los costos y el presupuesto asignado a la infraestructura de red inalámbrica. Esta aproximación permite integrar dimensiones técnicas, operativas y estratégicas, facilitando una evaluación integral del entorno tecnológico en instituciones de educación superior.

Este estudio desarrolla un análisis multidimensional sobre la infraestructura inalámbrica en cuatro tipos de instituciones educativas: universidades, tecnológicos, centros de investigación y asociaciones civiles con fines educativos. La base del análisis, por consiguiente, está conformada por 53 descripciones de infraestructura, obtenidas de 29 instituciones ubicadas en 23 estados de la República Mexicana.

Con la visión de identificar patrones de infraestructura que representen las características de cada tipo institucional, se procesaron las descripciones utilizando indicadores que caracterizan el rendimiento inalámbrico. Para ello, se aplicó el algoritmo K-Medios, una técnica de agrupamiento diseñada para detectar los vectores que definen

los patrones comunes de infraestructura (Ikotun et al., 2023; Sinaga & Yang, 2020). Este algoritmo permite segmentar conjuntos de datos en K grupos definidos por la proximidad de cada observación a un centroide calculado iterativamente (Li & Wu, 2012; Ahmed et al., 2020). El proceso inicia con la selección aleatoria de K centroides, continúa con la asignación de cada dato al grupo más cercano, y se actualizan los centroides como el promedio de los datos asignados. Este ciclo se repite hasta que los centroides dejan de cambiar significativamente. El algoritmo se aplica en contextos donde no se dispone de etiquetas previas y se requiere identificar patrones o estructuras internas en los datos, como en la clasificación de perfiles de usuarios, agrupación de documentos, análisis de comportamiento o segmentación de poblaciones.

En el contexto de instituciones educativas, aplicar K-Medios a datos sobre el estado de la red inalámbrica permite obtener información adicional que no se revela mediante un análisis tradicional de frecuencias. Mientras que el análisis de frecuencias indica cuántas veces ocurre un evento, K-Medios identifica grupos que comparten características comunes en las variables medidas, lo que permite entender cómo se comporta la red en distintos entornos o momentos. La agrupación con mayor cantidad de miembros representa el estado más frecuente o común de la red en las instituciones analizadas, lo que puede interpretarse como el perfil operativo predominante. Esta información es útil para tomar decisiones sobre infraestructura, asignación de recursos, mantenimiento preventivo y mejora del servicio.

En este estudio, el algoritmo K-Medios requirió de estandarización de los indicadores, a fin de asegurar que todos contribuyan de manera equitativa a la formación de los grupos, manteniendo

do la objetividad del análisis. Como resultado, el proceso de agrupamiento generó varias clasificaciones (clústeres). Sin embargo, para establecer el perfil de infraestructura que describe la realidad de cada categoría, se seleccionó el centroide (el promedio de los indicadores) del clúster que agrupa el mayor número de instituciones. En

consecuencia, este centroide opera como el vector característico, lo que permite la comparación directa y la evaluación estratégica de las infraestructuras a nivel sectorial. A continuación, el análisis detalla las diferencias y similitudes entre los tipos de instituciones.

Algoritmo Analisis_Multidimensional Inicio

```
Cargar datos
Separar datos por tipo de institución
Por cada <tipo de institución> hacer
    Seleccionar variables numéricas
    Estandarizar datos
    Establecer un máximo número de grupos (k)
    Ejecutar algoritmo K-Medios con K grupos
    Identificar grupo con mayor número de instituciones
    Extraer vector representativo del grupo
    Guardar los valores del grupo con mayor cantidad de miembros
Fin

Comparar perfiles entre tipos institucionales
Generar conclusiones
Fin
```

Algoritmo 1. Análisis multidimensional del estado de la infraestructura inalámbrica en México.

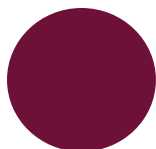
2.1 Análisis de la infraestructura física.

La variable Infraestructura Física se construyó a partir de tres indicadores operativos: número de puntos de acceso instalados (PA), número de aulas con cobertura inalámbrica (AL) y número de dispositivos conectados simultáneamente (DC). Cada institución fue representada mediante un vector de la forma (PA, DC, AL), lo que permitió caracterizar cuantitativamente su infraestructura inalámbrica. El conjunto de vectores fue analizado mediante el algoritmo de agrupamiento K-Medias, aplicado de forma independiente a cada tipo de institución educativa, con el propósito de identificar configuraciones recurrentes de infraestructura. Para cada grupo generado se obtuvo el número de instituciones que lo integran (C) y el porcentaje que representan dentro de su categoría institucional (P).

La Tabla 39 resume los resultados del análisis, mostrando el número de grupos identificados en cada tipo de institución, así como el vector

que caracteriza al grupo con mayor representatividad. En los Tecnológicos se identificaron tres grupos; el de mayor tamaño concentra 11 instituciones, lo que corresponde al 58% del total, y su vector característico es (60, 446, 87.7). En las Universidades también se identificaron tres grupos; el grupo predominante reúne 21 de las 25 instituciones analizadas, equivalente al 84%, y se caracteriza por el vector (117, 2294, 76.6). En las Asociaciones Civiles se observaron dos grupos; el principal incluye el 75% de las instituciones y está representado por el vector (125, 4233, 98.3). En los Centros de Investigación se identificaron dos grupos; el de mayor representatividad incluye el 80% de las instituciones y se define mediante el vector (49, 438, 100).

El análisis permite establecer perfiles de infraestructura inalámbrica diferenciados por tipo institucional y proporciona una referencia cuantitativa para la comparación entre sectores del sistema educativo.



	Grupo	PA	DC	AL	C	P(%)
Tecnológicos	1	60	446	87.7	11	57.89
	2	26	930	25.7	6	31.57
	3	62	6866	97.5	2	10.51
					19	100.00
Universidades	1	117	2294	76.6	21	84.00
	2	89	34067	80	3	12.00
	3	6000	30000	1300	1	4.00
					25	100.00
Asociaciones Civiles	1	125	4233	98.3	3	75.00
	2	5	60	6	1	25.00
					4	100.00
Centros de Investigación	1	49	438	100	4	80.00
	2	130	2000	0	1	20.00
					5	100.00

Tabla 39. Distribución de grupos identificados por el algoritmo K-Medios en el análisis de infraestructura inalámbrica (NAP, ACC, DC), con cantidad de instituciones (C) y porcentaje representativo (P).

2.2 Análisis de Rendimiento técnico

La categoría de Rendimiento técnico se evaluó considerando cuatro tipos de instituciones: Tecnológicos, Universidades, Asociaciones Civiles y Centros de Investigación. Cada institución fue descrita mediante un vector bidimensional compuesto por el ancho de banda (AB) y la disponibilidad (D), lo que permitió caracterizar su desempeño técnico en términos de capacidad y continuidad del servicio. Para identificar patrones dentro de cada tipo de institución, se aplicó el algoritmo de K-Medios, con el cual se determinaron los grupos formados, el número de instituciones en cada uno (C) y el porcentaje que representan respecto del total (P).

Los resultados se presentan en la Tabla 40, donde se muestran los vectores más representativos de cada agrupación. En el caso de los Tecnológicos, se identificó un grupo dominante que concentra el 47.36% de las instituciones, con un vector (594, 89.8), indicador de un ancho de banda modera-

do y una disponibilidad media. Las Universidades mostraron una mayor concentración: el 64% de las instituciones pertenece a un grupo con vector (1662, 28.8), lo que refleja una infraestructura más robusta en ancho de banda, aunque con menor disponibilidad.

Las Asociaciones Civiles se distribuyeron equitativamente en dos grupos, ambos con el 50% de representación; el grupo principal presenta un vector (2200, 36), lo que sugiere un ancho de banda elevado, pero con disponibilidad más limitada, posiblemente asociada a restricciones de cobertura o capacidad operativa. En contraste, los Centros de Investigación se caracterizaron por una mayor estabilidad: el 60% de ellos se agrupan bajo el vector (1267, 100), evidenciando una disponibilidad total, acorde con sus requerimientos de trabajo continuo y alta demanda técnica. Este análisis multidimensional revela diferencias claras en la infraestructura técnica según el tipo

de institución, lo que facilita la identificación de fortalezas y áreas de mejora específicas. En conjunto, los resultados permiten comprender cómo varía el desempeño de la conectividad inalámbrica según el propósito institucional y el nivel de soporte tecnológico disponible.

	Grupo	AB	D	C	P(%)
Tecnológicos	1	594	89.8	9	47.36
	2	345	25.2	8	42.10
	3	23100	180	1	5.26
	4	30000	36	1	5.26
				19	100.00
Universidades	1	1662	28.8	16	64.00
	2	1281	126	7	28.00
	3	33000	228	1	4.00
	4	5000000	6	1	4.00
				25	100.00
Asociaciones Civiles	1	2200	36	2	50.00
	2	1000	150	2	50.00
				4	100.00
Centros de Investigación	1	1297	100	3	60.00
	2	250	22	2	40.00
				5	100.00

Tabla 40. Distribución de grupos identificados por el algoritmo K-Medios en el análisis del rendimiento técnico compuesta por la variable (AB, D), con cantidad de instituciones (C) y porcentaje representativo (P).

2.3 Análisis de costos y presupuesto

La categoría Análisis de costos y presupuestos examina los flujos financieros relacionados con la operación de la infraestructura de red inalámbrica en los departamentos de tecnologías de la información. Para ello, se consideraron tres variables: costo de adquisición (CA), costo de operación (CO) y presupuesto anual (PE). Al igual que en las categorías anteriores, el análisis mediante el algoritmo K-Medios permitió identificar agrupamientos, obteniendo para cada uno el número de instituciones que lo conforman (C) y el porcentaje que representan respecto del total (P).

La Tabla 41 resume los resultados del proceso de

agrupamiento y muestra los centroides asociados a cada grupo. En el caso de los Tecnológicos, el grupo predominante reúne al 52.63% de las instituciones, con un vector central de (159,350; 9,400; 52,550), lo que refleja costos moderados tanto en adquisición como en operación y un presupuesto anual ajustado. En contraste, los grupos minoritarios presentan valores atípicos y presupuestos significativamente más elevados, lo que sugiere distintos niveles de inversión y capacidad financiera entre instituciones del mismo tipo. En el análisis de las Universidades, el 84% de las instituciones se concentra en un único grupo caracterizado por un presupuesto anual de 168,233

pesos, acompañado de costos de adquisición y operación de 397,896 y 38,164 pesos, respectivamente. Los grupos restantes contienen valores mucho mayores, lo que indica la presencia de universidades con inversiones extraordinariamente altas, posiblemente asociadas a infraestructuras más complejas o a esquemas de financiamiento distintos.

En las Asociaciones Civiles, el algoritmo detectó dos grupos con igual proporción (50%), lo que evidencia una alta dispersión en los valores reportados. Esta variabilidad impide establecer un vector predominante, ya que los costos y presupuestos difieren ampliamente entre instituciones del mismo tipo.

Por su parte, los Centros de Investigación se agruparon mayoritariamente (80%) en un vector ca-

racterístico compuesto por un costo de adquisición de 830,409 pesos, un costo de operación de 42,725 pesos y un presupuesto anual de 60,000 pesos. Este comportamiento sugiere una fuerte inversión inicial acompañada de gastos operativos relativamente controlados, coherente con su necesidad de mantener infraestructura especializada.

En conjunto, los resultados permiten evidenciar la heterogeneidad financiera entre los distintos tipos de instituciones, así como la relación entre los niveles de inversión y la infraestructura disponible para la conectividad inalámbrica. Este análisis facilita la identificación de patrones de gasto y posibles brechas presupuestales que impactan la sostenibilidad tecnológica a mediano y largo plazo.

	Grupo	CA	CO	PE	C	P(%)
Tecnológicos	1	159350	9400	52550	10	52.63
	2	565800	727600	1093600	5	26.31
	3	2816667	81667	667	3	15.79
	4	149780	3453600	453600	1	5.26
					19	100.00
Universidades	1	397896	38164	168233	21	84.00
	2	2805500	1600000	1525000	2	8.00
	3	21000000	800000	8800000	1	4.00
	4	13424590	2684918	0	1	4.00
					25	100.00
Asociaciones Civiles	1	6155	21	26	2	50.00
	2	278505	133505	673200	2	50.00
					4	100.00
Centros de Investigación	1	830409	42725	60000	4	80.00
	2	0	396000	396000	1	20.00
					5	100.00

Tabla 41. Distribución de grupos identificados por el algoritmo K-Medios en el análisis de costos y presupuestos compuesta por la variable (CA, CO, PE), con cantidad de instituciones (C) y porcentaje representativo (P).

Finalmente, en la Tabla 42 se presentan los valores que mejor representan a los grupos con mayor cantidad de instituciones que lo integran. Se analizan las categorías: Infraestructura física, Rendimiento técnico, Costos y Presupuesto. De esta manera, los datos de la tabla son los datos más representativos de cada categoría de institución analizada. Esta tabla intenta dar una mejor idea de como autoevaluarse con respecto a las instituciones analizadas en este documento. Por ejemplo, si una universidad que no está presente en este estudio quiere comparar sus datos con los presentados en esta tabla podría saber si está en los valores más frecuentes en cada categoría entre las universidades de México. Lo mismo sucede cuando un centro de investigación quiere saber el ancho de banda más representativo entre los centros de investigación analizados. Con estas agrupaciones cada institución puede clasificarse más fácilmente y con ello conocer si está dentro de las agrupaciones más o menos frecuentes. Con esto, la tabla 42 puede interpretarse como un instrumento para comparar la realidad de cada

institución con otras instituciones de su misma categoría en parámetros concretos. Aunque los datos analizados no necesariamente reflejan un grado de idoneidad o nivel de exactitud para cada institución, sí es posible conocer cómo cada institución administra su infraestructura de red inalámbrica. Asimismo, este estudio no pretende implicar que los valores más representativos de cada tipo de institución para cada categoría considerada son los más recomendados para cada institución, ya que se deben considerar los presupuestos institucionales, así como el uso real que cada institución le da a la red. También es necesario mencionar que un estudio más completo requiere del contraste entre el uso de la infraestructura de comunicación inalámbrica y su uso académico programado o deseado para que los datos aquí proporcionados tengan un impacto concreto en la institución.

Categoría		Institutos Tecnológicos	Universidades	Asociaciones Civiles	Centros de Investigación
Infraestructura física	PA	60	117	125	49
	DC	446	2,294	4,233	438
	AL	87.7	76.6	98.3	100
Rendimiento técnico	AB	594	1,662	2,200	1,267
	D	89.8	28.8	36	100
Costos y presupuestos	CA	159,350	397,896	6,156	830,409
	CO	9,400	38,164	21	42,725
	PE	52,550	168,233	26	60,000

Tabla 42. Comparación de los vectores representativos de los grupos con mayor concentración de instituciones, identificados a partir de similitudes en las siguientes variables clave: Infraestructura física, Rendimiento técnico, Costos y Presupuesto. PA: Número de Puntos de Acceso, AL: Aulas con Cobertura, DC: Dispositivos Conectados, AB: Ancho de Banda, D: Disponibilidad, CA: Costo de Adquisición, CO: Costo de Operación y PE: Presupuesto Anual.

2.4 Conclusión del análisis multidimensional.

El análisis multidimensional, fundamentado en la aplicación del algoritmo K-Medios, ha permitido establecer perfiles característicos de infraestructura inalámbrica para las instituciones de educación superior. Estos vectores representativos, extraídos del clúster de mayor concentración, constituyen un referente cuantitativo para la evaluación comparativa y la planificación estratégica en el sector. Se evidencia una clara heterogeneidad estructural y operativa entre los tipos institucionales, la cual se manifiesta en las tres dimensiones estudiadas. En primer lugar, la Infraestructura Física revela que, si bien las Universidades y Asociaciones Civiles concentran una mayor densidad de Puntos de Acceso (PA) y gestionan el mayor número de Dispositivos Conectados (DC), los Centros de Investigación alcanzan la máxima Cobertura de Aulas (AL), sugiriendo un diseño optimizado para sus necesidades específicas. En segundo lugar, el Rendimiento Técnico muestra una divergencia crítica: la alta Disponibilidad observada en los Centros de Investigación contrasta con la baja disponibilidad reportada por las Universidades, a pesar de que estas últimas presentan un Ancho de Banda (AB) superior. Este fenómeno sugiere una potencial correlación inversa entre la capacidad instalada y la continuidad del servicio, indicando que el desafío no reside únicamente en

la capacidad del enlace, sino en la gestión, la arquitectura interna o la saturación de la red. Por último, la dimensión de Costos y Presupuestos subraya la disparidad financiera. Los Centros de Investigación demuestran el Costo de Adquisición (CA) más elevado, lo que se relaciona con la necesidad de infraestructura especializada, mientras que las Universidades manejan el Presupuesto Anual (PE) más alto. La marcada variabilidad, particularmente en las Asociaciones Civiles, señala la inexistencia de un estándar presupuestario, dificultando la sostenibilidad tecnológica. Por consiguiente, los tomadores de decisiones deben utilizar estos perfiles no como metas de desempeño, sino como puntos de referencia para contextualizar su realidad operativa y financiera dentro de su categoría. La identificación de brechas en variables críticas, como la baja disponibilidad a pesar del alto ancho de banda en Universidades, debe orientar las futuras inversiones hacia la optimización de la gestión de red y los procesos operativos, en lugar de centrarse exclusivamente en el incremento de la capacidad. Finalmente, el estudio sugiere la imperativa necesidad de contrastar estos datos de infraestructura con el uso académico programado o deseado, a fin de determinar el impacto real de la conectividad en los objetivos misionales de cada institución.



Glosario de términos

ANUIES-TIC

Comité de tecnologías de la información y Comunidades de la ANUIES.

CMD

Centro México Digital.

CUDI

Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet.

ECOESAD

Espacio Común de Educación Superior a Distancia.

EduTraDi

Equipo colaborativo para la Transformación Digital de la Educación en México.

IES

Instituciones de Educación Superior.

IPv6

Protocolo de Internet versión 6, es la versión más recientes del IP, que está conviviendo y sustituirá a IPv4.

IPv4

Protocolo de Internet versión 4, es la versión más utilizada del Protocolo de Internet (IP), de la capa 3 o de red.

KPIs

Indicadores clave de desempeño.

RedLate-MX

Red Temática Mexicana para el Desarrollo e Incorporación de Tecnología Educativa.

RNEI

Red Nacional de Educación e Investigación.

SDN

Redes definidas por software.

SSID

(Service Set Identifier) es una secuencia de 32 octetos incluida en todos los paquetes enviados en las redes inalámbricas para identificarlos como parte de esa red.

SW

Software.

Referencias bibliográficas.

Casula, M., Rangarajan, N., & Shields, P. (2021). The potential of working hypotheses for deductive exploratory research. *Quality & Quantity*, 55, 1703–1725. <https://doi.org/10.1007/s11135-020-01072-9>

Fredebeul-Krein, T. (2012). *Koordinierter Einsatz von Direktmarketing und Verkaufsaußendienst im B2B-Kontext*. Gabler Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-3940-1_4

Sreejesh, S., Mohapatra, S., & Anusree, M. R. (2013). *Business Research Design: Exploratory, Descriptive and Causal Designs*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-00539-3_3

Stebbins, R. A. (2011). *Exploratory Research in the Social Sciences*. SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781412984249>

Ahmed, M., Seraj, R., & Islam, S. M. S. (2020). Ah-

med, M., Seraj, R., & Islam, S. M. S. (2020). The k-means Algorithm: A Comprehensive Survey and Performance Evaluation. *Electronics*, 9(8), 1295. <https://doi.org/10.3390/electronics9081295>

Ikotun, A. M., Ezugwu, A. E., Abualigah, L., Abuhaija, B., & Heming, J. (2023). K-means clustering algorithms: A comprehensive review, variants analysis, and advances in the era of big data. *Information Sciences*, 622, 178–210. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2022.11.139>

Li, Y., & Wu, H. (2012). A Clustering Method Based on K-Means Algorithm. *Physics Procedia*, 25, 1104–1109. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.03.206>

Sinaga, K. P., & Yang, M.-S. (2020). Unsupervised K-Means Clustering Algorithm. *IEEE Access*, 8, 80716–80727. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988796>