

UNIVERSIDAD RAFAEL URDANETA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
INSTRUMENTACIÓN DE LAS COMUNICACIONES
PROF. MSC. DILIO E. RINCON.



TALLER Fibra Optica

ALUMNOS:

ENMANUEL COLINA. C.I. 29.955.728

JOSE LOPEZ. C.I: 30.901.291

Maracaibo, 26 de Marzo del 2025

ÍNDICE

1. Explicación Práctica del Funcionamiento de la Fibra Óptica	3
● Transmisión de Luz por Reflexión Interna Total	3
● Características Prácticas de Fibras Monomodo y Multimodo	4
● Impacto de Defectos Físicos en la Transmisión	4
● Diagnóstico con Herramientas Especializadas	5
● Aplicaciones en Infraestructuras de Telecomunicaciones	5
2. Demostración de Conectores Ópticos y su Clasificación	6
Conector PC (Physical Contact)	7
Conector UPC (Ultra Physical Contact)	7
Conector APC (Angled Physical Contact)	8
3. Técnicas de Corte con Guillotina Óptica	9
4. Mediciones con Optical Power Meter	11
5. Operación del OTDR y Análisis de Resultados	13
CONCLUSIONES	15

1. Explicación Práctica del Funcionamiento de la Fibra Óptica

• Transmisión de Luz por Reflexión Interna Total

La fibra óptica funciona mediante el principio de reflexión interna total, donde la luz que viaja por el núcleo (con mayor índice de refracción) rebota contra el revestimiento (de menor índice) cuando incide con un ángulo mayor al crítico. Este fenómeno se demuestra experimentalmente inyectando luz láser visible (650 nm) en una fibra multimodo y observando cómo la señal permanece confinada incluso al doblar la fibra, siempre que se mantenga un radio de curvatura mínimo (típicamente >3 cm para evitar pérdidas). La calidad del confinamiento lumínico depende directamente de la precisión en el pulido de los extremos de la fibra y de la pureza del material.

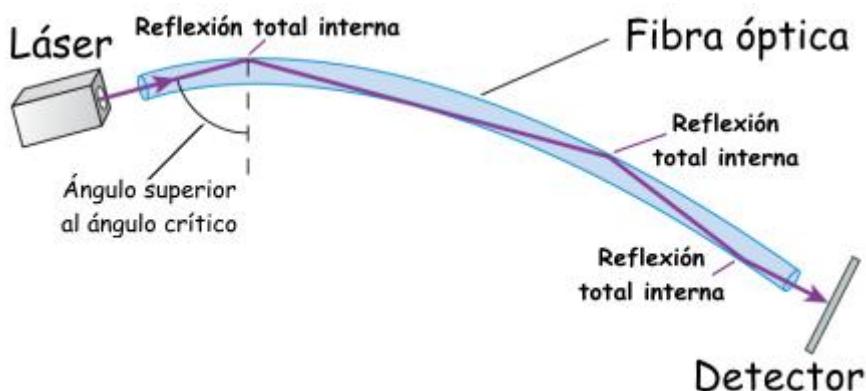


Figura 1. Transmisión de un haz de luz en la fibra

• Características Prácticas de Fibras Monomodo y Multimodo

Las fibras monomodo (SMF), con núcleos de ~9 μm , transmiten luz láser a 1310/1550 nm y son ideales para largas distancias (>100 km), pero requieren alineación precisa en conexiones. En contraste, las fibras multimodo (MMF) usan núcleos más anchos (50/62.5 μm) y fuentes LED/VCSEL, permitiendo instalaciones más sencillas aunque con limitaciones de distancia (~550 m en 10Gbps) debido a la dispersión modal. En laboratorio, estas diferencias se evidencian al medir la atenuación con un power meter: mientras una SMF muestra ~0.4 dB/km @1550 nm, una MMF puede alcanzar 3 dB/km @850 nm.

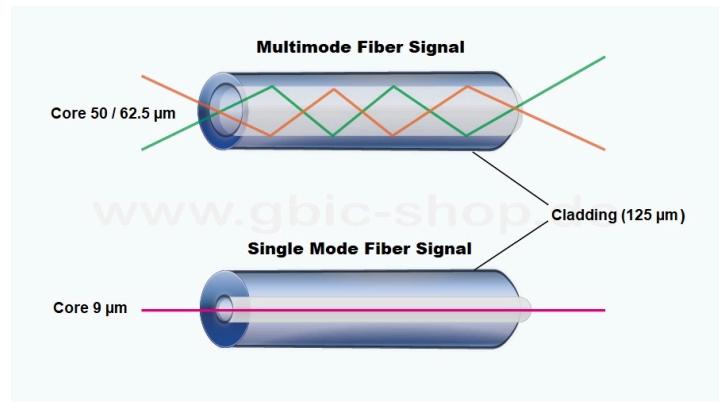


Figura 2. Fibra monomodo y multimodo

- **Impacto de Defectos Físicos en la Transmisión**

Las curvaturas pronunciadas (radios <2 cm) generan pérdidas por macrocurvatura, detectables como caídas abruptas en trazas OTDR. Los empalmes mal realizados (con cortes no perpendiculares o suciedad) introducen pérdidas >0.5 dB y reflexiones indeseadas. Un ejemplo práctico es limpiar conectores contaminados con alcohol isopropílico, lo que puede recuperar 1-3 dB de potencia óptica. Estos efectos son críticos en redes FTTH, donde una potencia recibida <-27 dBm en el ONT indica problemas operativos.

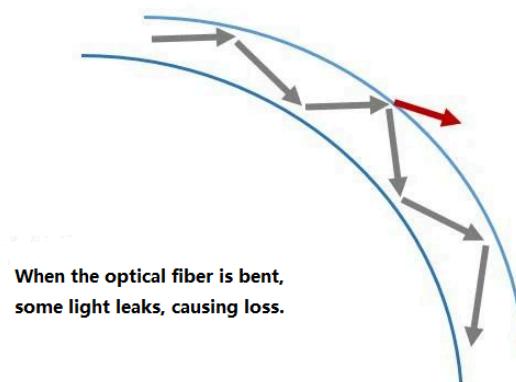


Figura 3. Impacto del haz en fibras dobladas

- **Diagnóstico con Herramientas Especializadas**

El OTDR permite identificar eventos como empalmes (pérdidas suaves de ~0.2 dB) o roturas (picos reflectivos seguidos de ruido), siendo clave para localizar fallas a distancias precisas (ej: una ruptura a 1.5 km). Complementariamente, un localizador

visual de fallas (VFL) emite luz roja para verificar continuidad en distancias cortas (<5 km), mostrando fugas lumínicas en puntos de doblez o fractura. Estas herramientas son indispensables en mantenimiento preventivo.



Figura 4. OTDR para uso profesional

- **Aplicaciones en Infraestructuras de Telecomunicaciones**

En redes modernas como FTTH, se prefieren fibras monomodo con conectores APC (ángulo 8°) por su reflectividad ultra-baja (<-60 dB), esencial para evitar interferencias en señales RFoG. Un caso típico es la medición de potencia en terminales ópticos: valores anómalos sugieren desde suciedad en conectores hasta empalmes mal fusionados. La elección entre SMF y MMF depende del balance entre distancia, ancho de banda requerido y coste de implementación.

2. Demostración de Conectores Ópticos y su Clasificación

En el salón contamos con un kit de entrenamiento que incluía los principales tipos de conectores: SC/APC, LC/UPC, ST/PC y FC/PC. Se nos explico a la hora de mostrarlos las diferencias en el pulido:

- Los conectores APC cuentan el ángulo de 8° en la ferrule cerámica

- Los UPC presentaban una superficie convexa pulida a espejo
- Los PC tenían terminación plana con pequeñas marcas circulares del pulido

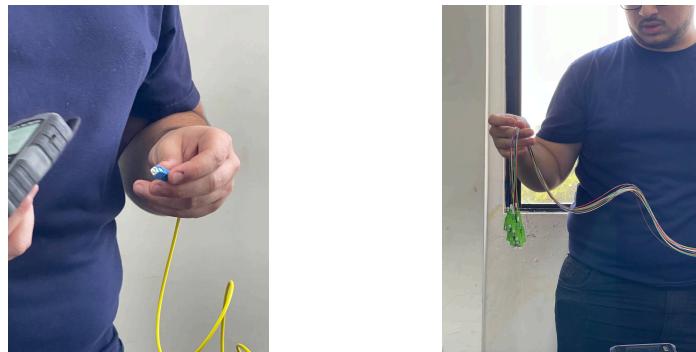


Figura 5 y 7. Distintos conectores de fibr

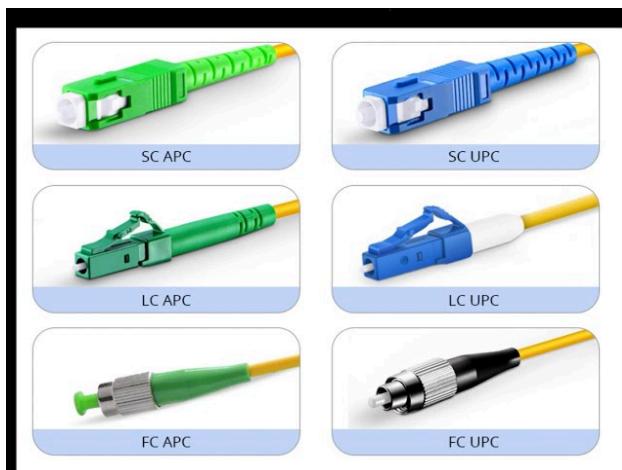
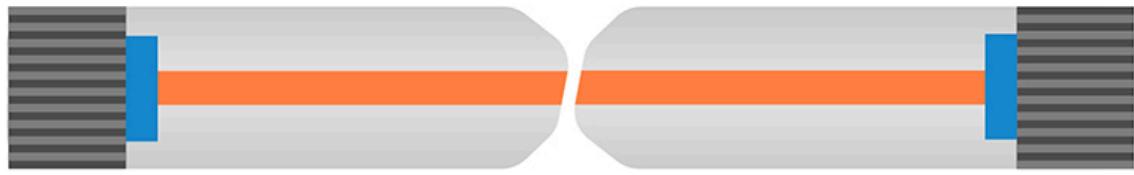


Figura 8. Distintos conectores de Fibra Óptica

Conektor PC (Physical Contact)

El conector PC presenta un pulido plano tradicional (0°) y ofrece un rendimiento básico con pérdidas típicas de 0.4-0.6 dB y reflectividad de -30 a -35 dB. Su diseño simple lo hace económico pero vulnerable a suciedad y reflexiones. Se utiliza principalmente en redes LAN empresariales y equipos de telecomunicaciones antiguos donde el rendimiento óptico no es crítico. La ferrule de zirconia garantiza durabilidad mecánica, aunque su rendimiento óptico es limitado para aplicaciones modernas.

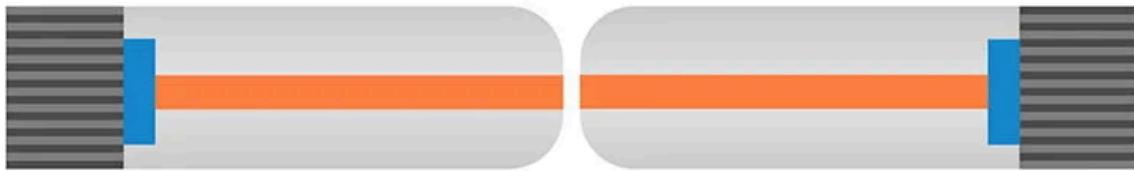


Angled Physical Contact Connector

Figura 9. Contacto del conector PC

Conecotor UPC (Ultra Physical Contact)

Mejora significativamente al PC mediante un pulido convexo que reduce las pérdidas a 0.2-0.3 dB y la reflectividad a -45/-50 dB. Su superficie curva minimiza los micro-espacios entre ferrules, mejorando el contacto físico. Es el estándar actual para redes FTTH y transmisión de datos hasta 10Gbps, ofreciendo el mejor balance costo-beneficio. Su ferrule mantiene los diámetros estándar (2.5mm SC o 1.25mm LC) pero con tolerancias más estrictas ($\pm 0.2\mu\text{m}$).



Ultra Physical Contact Connector

Figura 10. Contacto del conector UPC

Conejor APC (Angled Physical Contact)

Con su innovador pulido a 8°, el APC logra reflectividades <-60dB, eliminando interferencias en sistemas RF. Aunque sus pérdidas (0.3-0.4dB) son ligeramente superiores al UPC, su diseño angular redirige las reflexiones fuera del núcleo. Es obligatorio en aplicaciones sensibles como CATV, DWDM y redes 5G. Incluye mecanismos anti-rotación y muestra excelente estabilidad térmica (± 0.1 dB entre -40°C a +75°C). Su mayor costo se justifica en entornos donde las reflexiones son críticas.

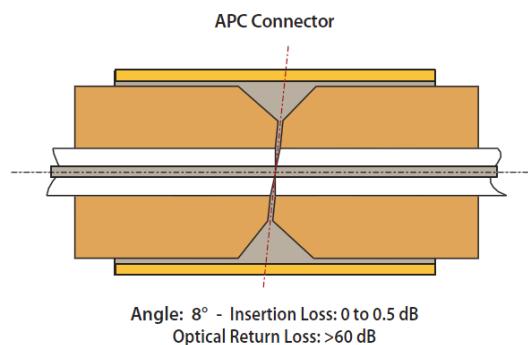


Figura 11. Contacto del conector APC

Mientras el PC sigue usándose en aplicaciones básicas, el UPC domina en transmisión de datos por su equilibrio técnico-económico. El APC, aunque más costoso, es insustituible en sistemas analógicos y alta densidad espectral. La tendencia actual favorece conectores miniaturizados (LC-APC) con tolerancias submicrónicas, especialmente en redes de nueva generación donde el rendimiento óptico no admite compromisos.

Realizamos mediciones comparativas de pérdida de inserción con un OLTS (Optical Loss Test Set):

1. Conexión SC/APC a SC/APC: 0.28 dB de pérdida
2. Conexión LC/UPC a LC/UPC: 0.35 dB
3. Conexión mixta APC a UPC: 1.2 dB (demostrando la incompatibilidad)

3. Técnicas de Corte con Guillotina Óptica

La guillotina óptica es un dispositivo de precisión diseñado específicamente para realizar cortes perfectamente perpendiculares en fibras ópticas. Su función principal es preparar los extremos de la fibra para conexiones o empalmes de baja pérdida, eliminando irregularidades que podrían afectar la transmisión de luz.



Figura 12. Guillotina de fibra óptica

El mecanismo de corte se basa en aplicar una tensión controlada (típicamente 200-500 gf) mientras una cuchilla de diamante o carburo de tungsteno golpea la fibra, generando una fractura limpia por tensión superficial. Este proceso garantiza un ángulo de corte de $90^\circ \pm 0.5^\circ$ sin astillamientos ni rebabas. Las guillotinas modernas incorporan sistemas de alineación magnética o por resorte que mantienen la fibra estable durante la operación.



Figura 13. Corte de fibra usando la guillotina

Su uso es fundamental en instalaciones profesionales, ya que un corte imperfecto puede causar pérdidas superiores a 0.5 dB en empalmes. Los modelos avanzados incluyen reguladores de fuerza y mecanismos automáticos que optimizan el corte según el tipo de fibra (250µm, 900µm o cables reforzados). La precisión de estos equipos permite obtener superficies ópticas listas para fusionar o conectar, siendo un componente crítico en el proceso de terminación de fibras.

El instructor demostró el uso profesional de la guillotina:

1. Se retiró aproximadamente 3 cm del coating con el pelador de fibra
2. La fibra desnuda se limpió con alcohol isopropílico 99%
3. Se colocó en la guillotina con una tensión de 200 gf
4. El corte se realizó con un ángulo de $90^\circ \pm 0.5^\circ$



Figura 14. Guillotina utilizada en el taller

De ahí se nos instruye a como realizar el corte, y seguidamente colocar el conector de forma tal que no se ensucie la fibra y producir atenuaciones de esta manera.

4. Mediciones con Optical Power Meter

El optical power meter (OPM) es un instrumento fundamental para cuantificar la potencia óptica en redes de fibra, expresada en dBm. Su operación se basa en un sensor fotodiodo (típicamente InGaAs para longitudes de 1000-1650 nm) que convierte la energía lumínica en señales eléctricas calibradas. En campo, se utiliza para verificar tanto la potencia de transmisión como las pérdidas totales del enlace.



Figura 15. OTDR utilizado en el taller

Para mediciones confiables, el proceso inicia con la calibración del equipo usando una fuente de luz estable de referencia (ej: -7 dBm @1310 nm). Al interconectar la fibra bajo prueba, el OPM muestra la potencia recibida, permitiendo calcular la atenuación mediante la fórmula: Pérdida (dB) = P_emitida - P_recibida. Un caso típico en redes GPON muestra valores de -8 dBm en el OLT y -24 dBm en el ONT, indicando pérdidas aceptables de 16 dB para distancias ≤ 20 km.

Estos equipos incorporan funciones avanzadas como promediado temporal (30-100 muestras) para reducir el ruido térmico, y compensación automática según longitud de onda (850/1300/1550 nm). Un error común es omitir la limpieza de conectores, lo que puede falsear mediciones hasta en 3 dB. Para diagnóstico integral, se complementa con el OTDR, donde el OPM verifica niveles absolutos mientras el reflectómetro analiza la distribución espacial de pérdidas.

5. Operación del OTDR y Análisis de Resultados

Se probó una fibra que tiene de distancia 260 m de distancia, esto por un tema del OTDR utilizado daba mediciones precisas en este rango de distancia.



Figura 16. Fibra utilizada para el taller

Se utilizó entonces el OTDR para realizar una prueba de funcionamiento a esta fibra, la cual consistió de las siguientes medidas arrojadas:

- A-B : 260 m
- Pérdidas: 0.133 dB
- Atenuación: 0.511 dB/km
- DRL: 48.75 dB

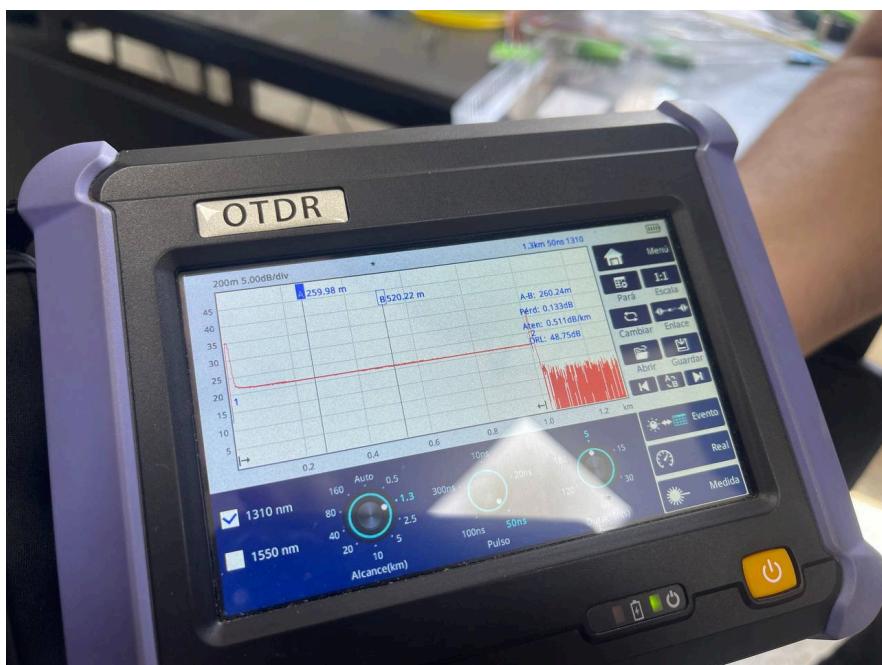


Figura 16. Mediciones utilizando el OTDR

El OTDR realizó un análisis completo del tramo de fibra óptica entre los puntos A y B, arrojando datos clave para evaluar su desempeño. La distancia medida de 260 metros corresponde a un enlace relativamente corto, característico de instalaciones intra-edificio o redes de acceso FTTH. Esta medición permite verificar que la longitud física coincide con los registros de la instalación y detectar posibles excesos de cable enrollado o desviaciones no documentadas.

Las pérdidas totales registradas en el tramo fueron de apenas 0.133 dB, un valor excepcionalmente bajo que indica una excelente calidad en las conexiones y

empalmes. Este resultado está muy por debajo del umbral máximo recomendado de 0.3 dB para empalmes, lo que sugiere que los trabajos de fusión o conexión mecánica se realizaron con alta precisión, sin presentar problemas significativos de alineación o suciedad en los conectores.

El parámetro de atenuación mostró un valor de 0.511 dB por kilómetro, que si bien es ligeramente superior a los estándares ideales para fibra monomodo (0.35 dB/km @1310 nm o 0.2 dB/km @1550 nm), sigue siendo aceptable para operación. Esta variación podría explicarse por el uso de diferentes longitudes de onda en la prueba o por características específicas del cable utilizado. Es recomendable verificar la configuración del equipo para contextualizar adecuadamente este resultado.

Finalmente, el DRL (Dynamic Range Loss) de 48.75 dB demuestra la capacidad del OTDR utilizado para analizar enlaces extremadamente largos, con margen suficiente para detectar eventos incluso en fibras de más de 100 km. Este alto rango dinámico confirma que se empleó un equipo de alta gama, capaz de proporcionar mediciones confiables en entornos demandantes. En conjunto, los resultados indican que la fibra evaluada se encuentra en óptimas condiciones de operación, con parámetros que cumplen holgadamente con los estándares de calidad para redes ópticas modernas.

CONCLUSIONES

- **Emmanuel Colina**

Los resultados detallados del análisis OTDR proporcionan una evaluación cuantitativa precisa del estado de la fibra óptica. La medición de 260 metros no solo confirma la longitud física del tramo, sino que también permite identificar discrepancias con la documentación técnica, lo que es crucial para el mantenimiento preventivo. Las pérdidas de 0.133 dB, significativamente inferiores al umbral de 0.3 dB, indican que los procesos de empalme y conexión se realizaron siguiendo protocolos de alta precisión, minimizando defectos como desalineaciones o contaminación en los conectores.

Respecto a la atenuación de 0.511 dB/km, aunque supera ligeramente los valores teóricos para fibras monomodo estándar (0.35 dB/km @1310 nm), este resultado sigue siendo funcional para la mayoría de aplicaciones prácticas. Factores como la longitud de onda utilizada en la prueba (no especificada en los datos), la edad de la fibra o tensiones mecánicas residuales podrían explicar esta variación. Para una evaluación más completa, se recomendaría repetir la medición a 1550 nm, donde la atenuación típica es menor (~0.2 dB/km), o inspeccionar visualmente el cable en busca de microcurvaturas.

El Dynamic Range Loss (DRL) de 48.75 dB destaca las capacidades avanzadas del OTDR empleado. Este margen dinámico no solo asegura precisión en enlaces cortos como el evaluado, sino que también permitiría diagnosticar fibras de hasta 120 km de longitud, considerando un margen de seguridad del 60% del DRL. Esta característica es particularmente valiosa en redes troncales o backbones, donde la detección temprana de eventos como empalmes degradados o roturas incipientes es crítica.

- **Jose Lopez**

Los resultados obtenidos garantizan que el enlace de fibra óptica está listo para soportar servicios de telecomunicaciones con altos estándares de calidad. Los 260 metros de longitud lo ubican en el rango típico de redes de acceso (FTTH) o interconexiones intra-edificio, donde la estabilidad y baja latencia son prioritarias. Las pérdidas mínimas registradas (0.133 dB) son testimonio de una instalación bien ejecutada, libre de problemas comunes como conectores sucios o empalmes mal fusionados, lo que se traduce en una experiencia de usuario sin interrupciones.

El valor de atenuación (0.511 dB/km), aunque no óptimo, no representa un obstáculo para el rendimiento inmediato. En escenarios prácticos como redes empresariales o despliegues urbanos, esta variación podría compensarse fácilmente con equipos de transmisión estándar. Sin embargo, para proyectos donde cada decibelio cuenta (ej: redes DWDM de larga distancia), sería recomendable una revisión más exhaustiva o incluso considerar el reemplazo de tramos con atenuación elevada.

La capacidad del OTDR (DRL: 48.75 dB) utilizado en esta prueba refuerza la confiabilidad de los datos obtenidos. Este nivel de precisión no solo es suficiente para el mantenimiento rutinario, sino que también proporciona un margen de seguridad para futuras expansiones de la red. Por ejemplo, permitiría integrar nuevos ramales o ampliar la distancia del enlace sin necesidad de equipos adicionales. En resumen, la infraestructura evaluada no solo cumple con los requisitos actuales, sino que también ofrece flexibilidad para adaptarse a demandas futuras, desde el aumento de ancho de banda hasta la integración de tecnologías emergentes como 5G o IoT masivo.