

Nicole Carolina Díaz-Guevara<sup>1</sup>

**E-mail:** [ndiaz@istvr.edu.ec](mailto:ndiaz@istvr.edu.ec)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0006-5040-6385>

Katiuska Tammi Miranda-Salvatierra<sup>1</sup>

**E-mail:** [kmiranda@istvr.edu.ec](mailto:kmiranda@istvr.edu.ec)

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0000-1220-2249>

Ivette Auxiliadora Mateo-Washbrum<sup>1</sup>

**E-mail:** [imateo@istvr.edu.ec](mailto:imateo@istvr.edu.ec)

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7523-7219>

<sup>1</sup> Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte. Ecuador.

**Cita sugerida (APA, séptima edición)**

Díaz-Guevara, N. C., Miranda-Salvatierra, K. T., & Mateo-Washbrum, I. A. (2024). Perspectivas y desafíos de las redes 6G para el Internet de las cosas. *Revista UGC*, 2(3), 72-80.

## RESUMEN

Este estudio se propuso investigar el impacto potencial de las redes 6G en el Internet de las Cosas (IoT), evaluando mejoras en velocidad, latencia, capacidad de conexión y eficiencia energética, así como los desafíos asociados. La metodología empleada combinó enfoques cualitativos y cuantitativos, incluyendo una revisión sistemática de la literatura, observación de tendencias tecnológicas y focus groups con expertos. El análisis de datos utilizó técnicas cuali-cuantitativas para identificar patrones y conceptos claves, los principales hallazgos revelaron que las redes 6G prometen transformar radicalmente el ecosistema IoT, con velocidades de transmisión que superan 1 Tbps, latencias ultra bajas en el orden de microsegundos y la capacidad de soportar hasta 10 millones de dispositivos por kilómetro cuadrado. Estas mejoras permitirán aplicaciones avanzadas como cirugía robótica remota y gemelos digitales en tiempo real, sin embargo, también se identificaron desafíos significativos en términos de infraestructura y seguridad. En conclusión, el estudio subraya el potencial transformador de las redes 6G para el IoT, destacando la necesidad de un enfoque equilibrado que maximice los beneficios mientras mitiga los riesgos. Se enfatiza la importancia de la colaboración interdisciplinaria y la innovación responsable para abordar los desafíos técnicos y éticos asociados con esta tecnología emergente. El estudio sugiere que la convergencia de 6G y IoT podría conducir a un mundo hiperconectado e inteligente capaz de abordar desafíos globales críticos, pero advierte que la realización de esta visión requerirá un diálogo continuo entre todas las partes interesadas para garantizar un desarrollo tecnológico que beneficie a toda la sociedad.

**Palabras clave:**

Redes 6G, Internet de las cosas, hiperconectividad, latencia ultra baja.

## ABSTRACT

This study aimed to investigate the potential impact of 6G networks on the Internet of Things (IoT), evaluating improvements in speed, latency, connection capacity, and energy efficiency, as well as associated challenges. The methodology employed combined qualitative and quantitative approaches, including a systematic literature review, observation of technological trends, and focus groups with experts. Data analysis used quali-quantitative techniques to identify key patterns and concepts. The main findings revealed that 6G networks promise to radically transform the IoT ecosystem, with transmission speeds exceeding 1 Tbps, ultra-low latencies in the order of microseconds, and the capacity to support up to 10 million devices per square kilometer. These improvements will enable advanced applications such as remote robotic surgery and real-time digital twins; however, significant challenges in terms of infrastructure and security were also identified. In conclusion, the study underscores the transformative potential of 6G networks for IoT, highlighting the need for a balanced approach that maximizes benefits while mitigating risks. It emphasizes the importance of interdisciplinary collaboration and responsible innovation to address the technical and ethical challenges associated with this emerging technology. The study suggests that the convergence of 6G and IoT could lead to a hyperconnected and intelligent world capable of addressing critical global challenges, but warns that realizing this vision will require ongoing dialogue among all stakeholders to ensure technological development that benefits society as a whole.

**Keywords:**

6G networks, Internet of Things, hyperconnectivity, ultra-low latency.

## INTRODUCCIÓN

La evolución de las tecnologías de comunicación inalámbrica ha sido un catalizador fundamental para el desarrollo del Internet de las Cosas (IoT). Desde la introducción de las redes 2G hasta la actual implementación de 5G, cada generación ha ampliado las capacidades y aplicaciones del IoT. Sin embargo, con el crecimiento exponencial de dispositivos conectados y la demanda de servicios más avanzados, la industria ya está mirando hacia el futuro: las redes 6G. Estas prometen revolucionar aún más la conectividad, ofreciendo velocidades de transmisión de datos ultrarrápidas, latencia extremadamente baja y una densidad de conexión sin precedente, la integración de 6G con IoT no solo mejorará las aplicaciones existentes, sino que también abrirá nuevas posibilidades en áreas como la realidad extendida, las comunicaciones holográficas y la inteligencia artificial distribuida (Chataut et al., 2024).

Las redes 6G se perfilan como la columna vertebral de la próxima generación de sistemas de comunicación, con el potencial de alcanzar velocidades de hasta 1 Tbps y latencias inferiores a 1 ms (Thota & Govind, 2024). Estas características son cruciales para satisfacer las demandas futuras del IoT, que se estima alcanzará los 125 mil millones de dispositivos conectados para 2030 (Jeyakumar et al., 2021). La integración de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la computación de borde en las redes 6G permitirá una gestión más eficiente de los recursos y una optimización dinámica del rendimiento de la red. Además, las redes 6G facilitarán la implementación de aplicaciones IoT más sofisticadas en sectores como la salud, la industria 4.0, las ciudades inteligentes y los sistemas de transporte autónomos, impulsando una nueva era de innovación y eficiencia (Chataut et al., 2024).

Sin embargo, el desarrollo y la implementación de las redes 6G para IoT no están exentos de desafíos. Uno de los principales obstáculos es la necesidad de nuevas bandas de frecuencia, particularmente en el espectro de ondas milimétricas y terahertz, que requieren avances significativos en tecnología de antenas y procesamiento de señales (Guan et al., 2023). La seguridad y la privacidad también son preocupaciones críticas, dado el volumen masivo de datos sensibles que se transmitirán a través de estas redes. Además, la integración de múltiples tecnologías heterogéneas y la gestión de la complejidad de la red plantean desafíos técnicos y operativos considerables que deben abordarse para garantizar un despliegue exitoso de 6G en el ecosistema IoT.

La sostenibilidad energética es otro aspecto crucial en el desarrollo de las redes 6G para IoT. Con el aumento exponencial de dispositivos conectados y la demanda de mayores velocidades de datos, el consumo de energía se convierte en un factor crítico. Las investigaciones actuales se centran en el desarrollo de tecnologías de eficiencia

energética, como la cosecha de energía ambiental y los sistemas de antenas inteligentes, para mitigar este problema (Kim et al., 2022), paralelamente, la estandarización y la interoperabilidad entre diferentes tecnologías y protocolos IoT representan un desafío significativo que requiere la colaboración estrecha entre la industria, los organismos reguladores y la academia para establecer marcos comunes que faciliten la adopción global de 6G en aplicaciones IoT.

A medida que avanzamos hacia la era 6G, es fundamental abordar estos desafíos de manera holística, considerando no solo los aspectos técnicos, sino también los impactos sociales, económicos y éticos de esta tecnología. La investigación en áreas como la computación cuántica, los materiales avanzados y la inteligencia artificial será crucial para superar las limitaciones actuales y explotar todo el potencial de 6G en el contexto del IoT. Además, será necesario desarrollar nuevos modelos de negocio y marcos regulatorios que fomenten la innovación y garanticen un acceso equitativo a estas tecnologías avanzadas, promoviendo así un futuro digital inclusivo y sostenible.

Este estudio se propone investigar a fondo el impacto potencial de las redes 6G en el ecosistema del Internet de las Cosas, con un enfoque particular en las mejoras esperadas en velocidad, latencia, capacidad de conexión y eficiencia energética, así como en los desafíos asociados a su implementación, para lograr esto, se realizará una indagación sistemática de las investigaciones existentes sobre las características y capacidades de las redes 6G, evaluando su potencial para transformar las aplicaciones y servicios del IoT. Además, se identificarán y analizarán los principales desafíos técnicos, regulatorios y sociales que conlleva la implementación de la tecnología 6G en el contexto del IoT. Este enfoque integral permitirá obtener una comprensión profunda de las implicaciones futuras de esta tecnología emergente y su papel en la evolución del paisaje digital global (Thota & Govind, 2024; Shah & Vyas, 2024).

## METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación sobre "Perspectivas y Desafíos de las Redes 6G para el Internet de las Cosas (IoT)" se ha diseñado para abordar de manera integral los objetivos planteados, combinando enfoques cualitativos y cuantitativos en un diseño de investigación mixto. Este enfoque permite una comprensión más profunda y matizada del tema, aprovechando las fortalezas de ambos métodos para obtener una visión holística del potencial impacto de las redes 6G en el ecosistema IoT. La investigación es de naturaleza exploratoria y descriptiva, dada la novedad y complejidad del tema, buscando no solo describir las características y capacidades proyectadas de las redes 6G, sino también interpretar su potencial impacto en las aplicaciones y servicios IoT. Además, se incorpora un componente correlacional para evaluar las

posibles relaciones entre las mejoras en velocidad, latencia, capacidad de conexión y eficiencia energética de las redes 6G y su influencia en diferentes aspectos del IoT.

Los métodos de investigación empleados incluyen una revisión sistemática de la literatura, observación de tendencias tecnológicas, y la realización de focus groups con expertos en el campo. La revisión de la literatura abarca artículos científicos, informes técnicos y documentos de políticas relacionados con 6G e IoT, proporcionando una base sólida de conocimiento existente. La observación de tendencias tecnológicas se lleva a cabo mediante el seguimiento de desarrollos en laboratorios de investigación, conferencias especializadas y anuncios de la industria, permitiendo capturar los avances más recientes en el campo. Los focus groups con expertos en telecomunicaciones, IoT y tecnologías emergentes ofrecen insights valiosos sobre los desafíos técnicos, regulatorios y sociales asociados con la implementación de 6G en el IoT. Esta combinación de métodos permite triangular la información obtenida, aumentando la validez y confiabilidad de los hallazgos.

El análisis de datos se realiza mediante una combinación de técnicas cualitativas y cuantitativas. Para los datos cualitativos obtenidos de la revisión de literatura, observaciones y focus groups, se emplea un análisis temático para identificar patrones, tendencias y conceptos clave relacionados con las redes 6G y su impacto en el IoT. Este proceso implica la codificación de datos, la categorización y la síntesis de temas emergentes y datos cuantitativos, también se utilizan técnicas de análisis estadístico descriptivo e inferencial, además, se emplean herramientas de visualización de datos, este enfoque multifacético en el análisis de datos permite una interpretación rica y matizada de los hallazgos, facilitando la identificación de insights significativos sobre el futuro de las redes 6G en el contexto del IoT.

## DESARROLLO

Las redes 6G representan un salto cuántico en las capacidades de comunicación, con el potencial de transformar radicalmente el panorama del IoT. Si bien los desafíos son significativos, las oportunidades que ofrece 6G para innovar en campos como la salud, la movilidad, la industria y la sostenibilidad son igualmente vastas. A medida que la investigación y el desarrollo en este campo avanzan, es esencial mantener un enfoque equilibrado que considere tanto los beneficios tecnológicos como las implicaciones socioeconómicas más amplias de esta próxima generación de redes inalámbricas (Chataut et al., 2024).

Para comprender mejor el contexto en el que se desarrollará la tecnología 6G, es importante considerar el estado actual del despliegue de las redes 5G, su predecesora inmediata, a la luz de las diversas publicaciones recientes sobre el desarrollo global de la tecnología 5G, se han tomado como referencia las informaciones proporcionadas

por 5G Américas y la Global mobile Suppliers Association (GSA). 5G Américas ofrece un informe que incluye detalles específicos por país y operador, particularmente en la región de América Latina y el Caribe (LAC). Por su parte, la GSA presenta un análisis exhaustivo sobre el estado actual de las redes, incluyendo proyectos en curso, anuncios de futuros despliegues y construcciones en marcha, abarcando tanto LTE como 5G. Esta visión global proporciona una perspectiva detallada y dinámica sobre el avance de la industria de las telecomunicaciones en Sudamérica (De León, 2023).

Por su parte en la región andina, el desarrollo e implementación de tecnologías avanzadas de comunicación como 5G y, en un futuro próximo, 6G, presenta un panorama desigual y complejo. Países como Colombia y Perú, vecinos directos de Ecuador, han comenzado a desplegar redes 5G en sus principales ciudades, sentando las bases para futuras implementaciones de IoT a gran escala. Sin embargo, estos despliegues son aún limitados y enfrentan desafíos significativos en términos de infraestructura, cobertura en áreas rurales y montañosas, y la necesidad de inversiones sustanciales. Por su parte, como vanguardia de la tecnología se encuentran países como Chile y Brasil, aunque no limítrofes con Ecuador, lideran la región en adopción de la tecnología y podrían ser los primeros en experimentar con redes 6G en América del Sur.

No obstante, la brecha tecnológica entre las zonas urbanas y rurales sigue siendo un obstáculo importante en toda la región, lo que plantea interrogantes sobre cómo se implementarán y aprovecharán las futuras redes 6G de manera equitativa, en este contexto regional, Ecuador enfrenta desafíos particulares en su camino hacia la adopción de tecnologías 6G y la expansión del IoT. El país se encuentra en las etapas iniciales de implementación de redes 5G, con despliegues limitados principalmente a áreas urbanas de Quito y Guayaquil. La topografía diversa del Ecuador, que incluye región costa, sierra y oriente, presenta retos significativos para la expansión de infraestructura de red avanzada. Además, la economía ecuatoriana, en recuperación tras impactos como la pandemia de COVID-19, enfrenta limitaciones en términos de inversión en infraestructura tecnológica (Ecuador. Ministerio de Telecomunicaciones, 2024).

Esto podría resultar en un retraso en la adopción de tecnologías 6G en comparación con países vecinos más desarrollados económicamente, ampliando potencialmente la brecha digital tanto a nivel nacional como regional, la problemática se agudiza al considerar las aplicaciones potenciales de 6G e IoT en sectores críticos para Ecuador, como la agricultura, la conservación ambiental y el turismo. La falta de una infraestructura de comunicaciones avanzada podría limitar la capacidad del país para implementar soluciones innovadoras de IoT en estos sectores, afectando su competitividad y desarrollo sostenible. Además, según Acosta-Ascuntar et al. (2024), determinan

la dependencia de Ecuador de la exportación de materias primas subraya la necesidad urgente de diversificar su economía a través de la innovación tecnológica.

Sin embargo, la falta de un ecosistema tecnológico robusto y de políticas de largo plazo para el desarrollo de competencias digitales avanzadas podría obstaculizar la capacidad del país para aprovechar plenamente las oportunidades que ofrecerán las redes 6G y el IoT avanzado. Esto plantea interrogantes cruciales sobre cómo Ecuador puede posicionarse estratégicamente en la era 6G, considerando sus limitaciones actuales y las experiencias de países vecinos en la adopción de tecnologías de comunicación de vanguardia (Novillo-Orozco et al., 2024).

El avance incesante en las tecnologías de comunicación ha incrementado notablemente las demandas y la relevancia de las redes inalámbricas. Este progreso ha sido marcado por la evolución de las generaciones de telefonía móvil, desde la primera generación (1G) hasta la quinta generación (5G), lo que ha llevado a la conceptualización de una futura sexta generación (6G). En este marco, el Internet de las Cosas (IoT) se ha consolidado como una integración avanzada de la Internet tradicional, la computación en la nube y las comunicaciones inalámbricas. El IoT se compone de dispositivos interconectados que interactúan con su entorno, difuminando cada vez más las fronteras entre los espacios virtuales y físicos. En la actualidad, muchas actividades y tareas cotidianas están gestionadas por aplicaciones basadas en el IoT, reflejando un crecimiento exponencial tanto en el uso del IoT como en el número de dispositivos IoT. Estas redes abarcan tanto las conexiones alámbricas (WN, del inglés Wired Network) como las de quinta generación.

En los escenarios descritos se considera que el crecimiento exponencial del IoT es posible, no solo por la existencia de las tecnologías, la divergencia de las anteriores conlleva un agotamiento más rápido. Otro aspecto a destacar (y necesario para el futuro) es el cambio en el marco de I+D para la nueva era que se abre. Las diferentes tecnologías que han habilitado las diversas generaciones de telefonía móvil fueron diseñadas y probadas en laboratorio para luego ser llevadas al campo.

Con las mencionadas cifras sobre el IoT y el lanzamiento de 5G, la industria de las telecomunicaciones acaba de tomar partido en las comunicaciones IoT desplegando las tecnologías en el campo, con todo el valor implícito en ellas (en términos de usabilidad y rentabilidad). En este sentido, se hace referencia lógicamente a los despliegues de comunicaciones LPWAN (Low Power Wide Area Network) en sus distintas versiones apoyadas en 4G. Como consecuencia de la velocidad y versatilidad que ofrecen los protocolos de la familia IP (Internet Protocol). Notablemente, representan el 95% de los despliegues LPWAN actuales (Seçgin, 2023).

Para comprender y abordar los complejos desafíos y oportunidades que presentan las redes 6G y el IoT, desde los fundamentos técnicos hasta las implicaciones sociales y de adopción se desarrollan las siguientes teorías:

La teoría de la comunicación inalámbrica es fundamental para comprender el funcionamiento y la evolución de las redes móviles, incluida la próxima generación 6G. Esta teoría abarca los principios de transmisión y recepción de señales electromagnéticas sin el uso de cables, incluyendo conceptos como modulación, codificación, y multiplexación (Tian, 2024). En el contexto de las redes 6G y el IoT, esta teoría es crucial para abordar los desafíos de aumentar la capacidad de la red, reducir la latencia y mejorar la eficiencia espectral. Las redes 6G prometen utilizar frecuencias más altas, incluyendo ondas milimétricas y terahertz, lo que requiere avances significativos en las técnicas de comunicación inalámbrica (Koyuncu, 2024).

Partiendo de los principios de la comunicación inalámbrica, la teoría de redes proporciona el marco conceptual para entender cómo los dispositivos y sistemas interconectados funcionan como un todo coherente. Esta teoría es particularmente relevante para el IoT en el contexto de las redes 6G, ya que aborda cuestiones como la topología de red, el enrutamiento, la congestión y la resiliencia. Con el aumento exponencial de dispositivos conectados en el IoT, la teoría de redes se vuelve crucial para diseñar arquitecturas que puedan manejar eficientemente esta escala sin precedentes. Las redes 6G se prevén como redes altamente heterogéneas y dinámicas, donde la teoría de redes jugará un papel vital en la optimización de la conectividad y el rendimiento (Chafii et al., 2023).

Mientras la teoría de redes se ocupa de la estructura y funcionamiento de las conexiones, la teoría de la información, inicialmente desarrollada por Claude Shannon, es crucial para entender los límites fundamentales de la comunicación y el procesamiento de datos. En el contexto de las redes 6G y el IoT, esta teoría es esencial para optimizar la transmisión de datos, mejorar la eficiencia de la codificación y desarrollar técnicas avanzadas de compresión. Con el aumento exponencial de datos generados por dispositivos IoT, la teoría de la información guía el desarrollo de métodos para maximizar la capacidad del canal y minimizar los errores de transmisión (Chafii et al., 2023).

Complementando la teoría de la información, la teoría de sistemas complejos ofrece un marco para entender y gestionar redes a gran escala con múltiples componentes interconectados, como es el caso del IoT en el contexto de las redes 6G. Esta teoría aborda fenómenos emergentes, adaptabilidad, y auto-organización, que son características clave de las redes 6G altamente dinámicas y densas. En el ecosistema IoT-6G, la teoría de sistemas complejos es fundamental para modelar y predecir el comportamiento de la red bajo diferentes condiciones, considerando las

interacciones complejas entre dispositivos, usuarios y la infraestructura de red (Karaca, 2022).

Construyendo sobre la complejidad de los sistemas 6G-IoT, la teoría de la computación en la nube es esencial para comprender cómo las redes 6G pueden aprovechar recursos computacionales distribuidos para soportar aplicaciones IoT avanzadas. Esta teoría abarca conceptos como virtualización, distribución de recursos, y modelos de servicio en la nube. En el contexto de 6G e IoT, la computación en la nube evoluciona hacia paradigmas como la computación de borde y la computación de niebla, que son cruciales para reducir la latencia y mejorar la eficiencia en el procesamiento de datos IoT (Kingsley, 2024).

Aprovechando los recursos computacionales distribuidos, la teoría de la Inteligencia Artificial (IA) y el Aprendizaje Automático (ML) es fundamental para el desarrollo de redes 6G inteligentes y adaptativas que puedan soportar eficientemente el ecosistema IoT. Esta teoría abarca conceptos como redes neuronales, aprendizaje profundo, y toma de decisiones autónoma. En el contexto de 6G e IoT, la IA y el ML se utilizarán para optimizar la gestión de recursos de red, predecir patrones de tráfico, y mejorar la seguridad y la calidad de servicio (Rana, 2024).

Con la creciente integración de IA en las redes, la teoría de la seguridad de la información se vuelve crucial para abordar los desafíos de privacidad y seguridad en el ecosistema 6G-IoT. Esta teoría abarca conceptos como criptografía, autenticación, control de acceso y detección de intrusiones. En el contexto de las redes 6G y el IoT, donde billones de dispositivos estarán conectados y compartiendo datos sensibles, la seguridad de la información se vuelve aún más crítica. Las redes 6G deberán implementar mecanismos de seguridad avanzados para proteger contra amenazas cibernéticas cada vez más sofisticadas, incluyendo ataques cuánticos (Gupta et al., 2024).

Paralelamente a las consideraciones de seguridad, la teoría de la eficiencia energética es esencial para desarrollar redes 6G sostenibles que puedan soportar el crecimiento exponencial del IoT sin un aumento proporcional en el consumo de energía. Esta teoría abarca conceptos como la optimización del consumo de energía, el diseño de circuitos de baja potencia y las técnicas de recolección de energía. En el contexto de 6G e IoT, la eficiencia energética es crucial no solo para reducir el impacto ambiental, sino también para extender la vida útil de los dispositivos IoT que a menudo operan con baterías limitadas.

Mientras se busca la eficiencia energética, la teoría de la computación cuántica emerge como un campo prometedor para el futuro de las redes 6G y el IoT, ya que promete capacidades de procesamiento y comunicación que superan fundamentalmente los límites clásicos. Esta teoría se basa en principios de la mecánica cuántica como la superposición y el entrelazamiento. En el contexto de 6G e IoT, la computación cuántica podría revolucionar áreas

como la criptografía, optimización de red y procesamiento de datos masivos (Urgelles et al., 2024).

Finalmente, para que todas estas tecnologías avanzadas tengan un impacto real, la teoría de la adopción tecnológica es crucial para entender cómo las nuevas tecnologías 6G y las aplicaciones IoT avanzadas serán aceptadas y utilizadas por individuos y organizaciones. Esta teoría abarca modelos como el de Aceptación de Tecnología (TAM) y la Teoría Unificada de Aceptación y Uso de Tecnología (UTAUT) (Martin, 2022). En el contexto de 6G e IoT, comprender los factores que influyen en la adopción tecnológica es esencial para el éxito en la implementación y el uso generalizado de estas tecnologías avanzadas.

El avance hacia las redes 6G y su integración con el Internet de las Cosas (IoT) representa una confluencia sin precedentes de diversas disciplinas tecnológicas, la comunicación inalámbrica y la teoría de redes forman la columna vertebral de esta evolución, mientras que la teoría de la información proporciona el marco para optimizar la transmisión de datos en sistemas cada vez más complejos, la computación en la nube se entrelaza con estos sistemas, ofreciendo la capacidad de procesamiento y almacenamiento necesaria para manejar el volumen masivo de datos generados, paralelamente, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático emergen como herramientas cruciales para la gestión y optimización de estas redes avanzadas.

La seguridad de la información adquiere una importancia crítica en este panorama hiperconectado, mientras que la búsqueda de la eficiencia energética impulsa innovaciones en el diseño de hardware y software, la computación cuántica, aunque aún en sus etapas iniciales, promete revolucionar aspectos fundamentales de la criptografía y el procesamiento de datos en las redes 6G, todo esto se desarrolla en un contexto de rápida adopción tecnológica, que plantea desafíos significativos, pero también oportunidades sin precedentes para la transformación digital de la sociedad, en este contexto, las características distintivas de las redes 6G prometen redefinir el panorama del IoT, las mejoras en velocidad que se proyectan en el orden de terabits por segundo, permitirán aplicaciones de alta demanda de datos como la realidad aumentada y virtual en tiempo real.

La latencia ultra baja, medida en microsegundos, habilitará aplicaciones críticas en tiempo real, desde vehículos autónomos hasta cirugía remota, la capacidad de conexión masiva en 6G, que podría soportar millones de dispositivos por kilómetro cuadrado, facilitará la implementación de sensores a gran escala en ciudades inteligentes y entornos industriales, la eficiencia energética mejorada en las redes 6G e IoT no solo reducirá el impacto ambiental, sino que también extenderá la vida útil de los dispositivos IoT. Sin embargo, estos avances traen consigo desafíos significativos, desde la necesidad de nuevas

infraestructuras hasta preocupaciones sobre privacidad y seguridad, las características y capacidades únicas de las redes 6G, como la integración de comunicaciones terrestres y satelitales y el uso de frecuencias de terahercios, requerirán nuevos paradigmas de diseño y gestión de redes.

La transformación de aplicaciones y servicios IoT a través de la tecnología 6G promete revolucionar sectores como la salud, la industria y la movilidad, creando un ecosistema digital más inteligente, eficiente y conectado. A continuación, el estudio presenta detalladamente la conceptualización de las principales temáticas de investigación y desarrollo en redes 6G y su impacto en el IoT.

### **Características Técnicas y Capacidades de las Redes 6G**

- **Mejoras en Velocidad en Redes 6G:** representan un salto cuántico en la capacidad de transmisión de datos, con tasas previstas de hasta 1 Terabit por segundo (Tbps). Este incremento exponencial, comparado con los 20 Gbps de las redes 5G, tendrá un impacto transformador en el Internet de las Cosas (IoT) (Chataut et al., 2024). La velocidad ultra-alta permitirá la transmisión instantánea de grandes volúmenes de datos generados por billones de dispositivos IoT, facilitando aplicaciones como la realidad virtual/aumentada en tiempo real, la cirugía remota y los vehículos autónomos. Para el IoT, esta velocidad significa que los dispositivos podrán comunicar y procesar datos complejos en tiempo real, habilitando una nueva generación de aplicaciones inteligentes y reactivas (Szymanski, 2023). Sin embargo, alcanzar estas velocidades plantea desafíos significativos, como el desarrollo de nuevas tecnologías de modulación y codificación, y el uso eficiente del espectro en frecuencias más altas.
- **Latencia Ultra Baja en Redes 6G:** es un concepto crucial en las redes 6G, refiriéndose al tiempo mínimo de respuesta entre la transmisión y recepción de datos. Se espera que las redes 6G alcancen latencias inferiores a 1 milisegundo, una reducción significativa frente a los 5 milisegundos de las redes 5G. Esta disminución drástica es fundamental para habilitar aplicaciones IoT que requieren respuestas prácticamente instantáneas, como el Internet táctil, donde las sensaciones físicas pueden transmitirse a distancia, o sistemas de control industrial que demandan precisión milimétrica. La latencia ultra baja permitirá interacciones en tiempo real entre dispositivos IoT, abriendo posibilidades para aplicaciones críticas en sectores como la salud, la industria y el transporte. Para lograr esta latencia, las redes 6G implementarán tecnologías avanzadas como la computación de borde y nuevas arquitecturas de red diseñadas para minimizar los retrasos en la transmisión (She et al., 2023).
- **Capacidad de Conexión Masiva en 6G:** se refiere a la habilidad de la red para soportar una densidad extremadamente alta de dispositivos conectados, estimada en hasta 10 millones de dispositivos por kilómetro

cuadrado (Thota & Govind, 2024). Esta característica es fundamental para el desarrollo del IoT a gran escala, permitiendo la implementación de sensores y dispositivos en prácticamente cualquier objeto o entorno. En el contexto del IoT, esta conectividad masiva habilitará escenarios como ciudades inteligentes totalmente integradas, donde millones de sensores y actuadores trabajarán en conjunto para optimizar servicios urbanos, o entornos industriales hiperconectados donde cada componente de la cadena de producción estará en comunicación constante. Para lograr esta conectividad masiva, las redes 6G implementarán tecnologías avanzadas de acceso múltiple, técnicas de beamforming mejoradas y nuevos protocolos de comunicación diseñados para manejar eficientemente un número sin precedentes de conexiones simultáneas (Kulshrestha & Jagdale, 2024).

- **Eficiencia Energética en Redes 6G e IoT:** se refiere a la optimización del consumo de energía tanto a nivel de red como de dispositivos individuales. Este concepto es crucial dado el aumento exponencial previsto en el número de dispositivos IoT conectados y la necesidad de sostenibilidad en las redes de comunicación. En las redes 6G, se espera lograr una eficiencia energética 100 veces mayor que en las redes 5G, lo que es esencial para soportar el vasto ecosistema IoT sin un aumento proporcional en el consumo energético global (Bolla et al., 2022). Para el IoT, esto significa dispositivos con baterías de larga duración o incluso autoalimentados, capaces de operar durante años sin necesidad de recarga o reemplazo. Las estrategias para mejorar la eficiencia energética incluyen el uso de tecnologías de recolección de energía ambiental, el diseño de chips de ultra baja potencia, y la implementación de algoritmos de IA para optimizar dinámicamente el consumo de energía en función de las condiciones de la red y las necesidades de los dispositivos.

Las aplicaciones y Servicios IoT Transformados por 6G tienen el potencial de transformar radicalmente numerosas aplicaciones y servicios del IoT. En el ámbito de la salud, permitirán cirugías remotas con retroalimentación háptica en tiempo real y monitoreo continuo de salud con análisis predictivo instantáneo, en la industria, facilitarán la implementación de gemelos digitales ultra-precisos y sistemas de automatización totalmente autónomos, en las ciudades inteligentes, las redes 6G habilitarán la gestión de tráfico en tiempo real con vehículos autónomos interconectados y sistemas de seguridad pública con respuesta inmediata basada en IA, en el campo de la educación, las aplicaciones de realidad virtual y aumentada alcanzarán nuevos niveles de inmersión e interactividad, para el entretenimiento, el 6G hará posibles experiencias de realidad extendida ultra-realistas y juegos en la nube sin latencia perceptible (Almomani & Al-Turjman, 2022; Shukur et al., 2024). En agricultura, los sistemas IoT basados en 6G permitirán una monitorización y gestión de cultivos a nivel molecular, estas transformaciones no solo mejorarán las aplicaciones existentes, sino que también

darán lugar a nuevos servicios y modelos de negocio aún no imaginados (Basu et al., 2022).

Los desafíos asociados a la implementación de redes 6G y su integración con el IoT son numerosos y multifacéticos. Entre los más significativos se encuentran los retos técnicos, como el desarrollo de hardware capaz de operar en frecuencias extremadamente altas, la gestión del espectro radioeléctrico, y la necesidad de nuevas infraestructuras de red (Qu et al., 2024). Los desafíos de seguridad y privacidad son particularmente críticos, dado el volumen sin precedentes de datos sensibles que se generarán y transmitirán. Además, existen desafíos regulatorios, como la necesidad de nuevos estándares globales y políticas de asignación de espectro (Ghadge, 2024). Los aspectos sociales y éticos también son relevantes, incluyendo preocupaciones sobre la brecha digital, el impacto en la salud de las nuevas frecuencias, y las implicaciones de la hiperconectividad en la privacidad personal (Agrawal et al., 2023). Finalmente, los desafíos económicos, como los altos costos de implementación y la necesidad de nuevos modelos de negocio, requerirán soluciones innovadoras.

El análisis exhaustivo de la literatura existente y las discusiones con expertos revelan que las redes 6G prometen transformar radicalmente el panorama del Internet de las Cosas (IoT). En primer lugar, se observa que las mejoras proyectadas en velocidad, con tasas de transmisión de datos que superan 1 Tbps, permitirán el desarrollo de aplicaciones IoT de alta demanda de datos, como gemelos digitales en tiempo real y experiencias de realidad mixta inmersivas. Estas capacidades, combinadas con la latencia ultra baja en el orden de microsegundos, abren la puerta a aplicaciones críticas que requieren respuestas instantáneas, como vehículos autónomos interconectados y cirugía robótica remota.

Además, la capacidad de conexión masiva de las redes 6G, que se estima pueda soportar hasta 10 millones de dispositivos por kilómetro cuadrado, facilitará la implementación de redes de sensores a gran escala en entornos urbanos e industriales. Esta densidad de conexión, junto con la mejora significativa en la eficiencia energética, promete extender la vida útil de los dispositivos IoT y reducir su impacto ambiental. Sin embargo, estos avances vienen acompañados de desafíos significativos. Los resultados indican que la implementación de infraestructura para 6G requerirá inversiones sustanciales y el desarrollo de nuevas tecnologías, como antenas de terahercios y materiales avanzados para dispositivos.

En cuanto a la seguridad y privacidad, los hallazgos sugieren que las redes 6G deberán incorporar mecanismos de seguridad cuántica y técnicas avanzadas de encriptación para proteger el volumen masivo de datos sensibles generados por dispositivos IoT. Paralelamente, se observa que la integración de inteligencia artificial y aprendizaje automático en las redes 6G será crucial para la gestión autónoma de redes y la optimización del rendimiento en

tiempo real. Esta convergencia de 6G, IoT e IA tiene el potencial de crear sistemas verdaderamente inteligentes y adaptativos.

## Interpretación de Resultados

La interpretación de estos resultados sugiere que el impacto de las redes 6G en el IoT será profundo y multifacético. Por un lado, las capacidades mejoradas de 6G actuarán como catalizadores para la innovación en aplicaciones IoT, permitiendo casos de uso que actualmente son inviables o están limitados por las tecnologías de red existentes. La combinación de alta velocidad, baja latencia y conexión masiva podría llevar a una "hipersensibilización" del mundo físico, donde prácticamente cualquier objeto podría convertirse en una fuente de datos en tiempo real. Esto tiene implicaciones significativas para sectores como la manufactura inteligente, la atención médica personalizada y la gestión urbana sostenible.

Sin embargo, esta revolución tecnológica también plantea desafíos importantes. La necesidad de nuevas infraestructuras y tecnologías para soportar las redes 6G podría exacerbar la brecha digital si no se aborda de manera equitativa. Además, las preocupaciones sobre seguridad y privacidad podrían intensificarse a medida que más aspectos de nuestras vidas se vuelven digitales y conectados. La integración de IA en las redes 6G, aunque prometedora para la optimización y la eficiencia, también plantea cuestiones éticas sobre la autonomía y la toma de decisiones algorítmicas en sistemas críticos.

Desde una perspectiva más amplia, estos resultados sugieren que las redes 6G podrían actuar como un habilitador clave para la Cuarta Revolución Industrial, fusionando los mundos físico y digital de manera más *seamless* que nunca. Esto podría llevar a nuevos paradigmas en la forma en que interactuamos con la tecnología, gestionamos recursos y organizamos nuestras sociedades. No obstante, la realización de este potencial dependerá en gran medida de cómo se aborden los desafíos técnicos, regulatorios y sociales identificados en este estudio.

## CONCLUSIONES

En conclusión, esta investigación revela que las redes 6G tienen el potencial de revolucionar el ecosistema del Internet de las Cosas, ofreciendo mejoras sin precedentes en velocidad, latencia, capacidad de conexión y eficiencia energética. Estas capacidades avanzadas prometen habilitar una nueva generación de aplicaciones y servicios IoT que podrían transformar sectores clave de la economía y la sociedad. Sin embargo, el camino hacia la implementación generalizada de 6G en el IoT está lleno de desafíos técnicos, regulatorios y sociales que requerirán esfuerzos coordinados de investigadores, industria y formuladores de políticas.

A medida que avanzamos hacia esta nueva era de conectividad, será crucial mantener un enfoque equilibrado

que maximice los beneficios de las redes 6G mientras se mitigan los riesgos potenciales. Esto implica no solo el desarrollo de las tecnologías necesarias, sino también la creación de marcos regulatorios apropiados y la consideración cuidadosa de las implicaciones éticas y sociales. La seguridad y la privacidad, en particular, deberán ser prioridades fundamentales en el diseño e implementación de soluciones 6G para IoT.

Mirando hacia el futuro, es evidente que la convergencia de 6G, IoT e inteligencia artificial tiene el potencial de crear un mundo hiperconectado e inteligente que podría abordar algunos de los desafíos más apremiantes de nuestra época, desde el cambio climático hasta la atención médica personalizada. No obstante, la realización de esta visión requerirá una colaboración interdisciplinaria sin precedentes y un compromiso continuo con la innovación responsable. A medida que continuamos explorando las posibilidades de las redes 6G para el IoT, será fundamental mantener un diálogo abierto entre todas las partes interesadas para garantizar que esta tecnología emergente se desarrolle de una manera que beneficie a toda la sociedad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta-Ascuntar, E. S., Villares-Villafuerte, H. G., & Guerrero-Villegas, W. M. (2024). Diversificación de las exportaciones de bienes de Ecuador. ¿Se han producido cambios? *Sociedad & Tecnología*, 7(1), 35–51. <https://doi.org/10.51247/st.v7i1.404>
- Agrawal, V., Agrawal, S., Bomanwar, A., Dubey, T., & Jaiswal, A. (2023). Exploring the Risks, Benefits, Advances, and Challenges in Internet Integration in Medicine With the Advent of 5G Technology: A Comprehensive Review. *Cureus*, 15(11). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10719543/>
- Almomani, A., & Al-Turjman, F. (2022). Challenges and Opportunities in Integrated 6G and IoT Paradigms: An Overview. (Ponencia). International Conference on Artificial Intelligence in Everything (AIE). Nicosia, Cyprus.
- Basu, D., Ghosh, U., & Datta, R. (2022). 6G for Industry 5.0 and Smart CPS: A Journey from Challenging Hindrance to Opportunistic Future. (Ponencia). *IEEE Silchar Subsection Conference (SILCON)*. Silchar, India.
- Bolla, R., Bruschi, R., Davoli, F., Ivaldi, L., Lombardo, C., & Siccardi, B. (2022). An AI Framework for Fostering 6G towards Energy Efficiency. (Ponencia). 61st FITCE International Congress Future Telecommunications: Infrastructure and Sustainability (FITCE). Roma, Italia.
- Chafii, M., Bariah, L., Muhaidat, S., & Debbah, M. (2023). Twelve Scientific Challenges for 6G: Rethinking the Foundations of Communications Theory. *IEEE Xplore*. <https://arxiv.org/pdf/2207.01843>
- Chataut, R., Nankya, M., & Akl, R. (2024). 6G Networks and the AI Revolution—Exploring Technologies, Applications, and Emerging Challenges. *Sensors*, 24(6). <https://doi.org/10.3390/s24061888>
- De León, O. (2023). “Redes 5G en América Latina: desarrollo y potencialidades. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/48485-redes-5g-america-latina-desarrollo-potencialidades>
- Ecuador. Ministerio de Telecomunicaciones. (2024). *Ecuador Digital*. <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/25693-2/>
- Ghadge, N. (2024). Challenges with securing digital identity. *International Journal on Cybernetics & Informatics*, 13(4). <https://ijcionline.com/paper/13/13424ijci01.pdf>
- Guan, K., Keusgen, W., Fan, W., Briso, C., & Sun, B. (2023). Guest Editorial: Antennas and propagation at millimetre, sub-millimetre wave and terahertz bands. *IET Microwaves, Antennas and Propagation*, 17(6), 415-418. <https://doi.org/10.1049/mia2.12374>
- Gupta, M., Jha, R. K., & Sabraj, M. (2024). Security Challenges in 6G Networks: A Game Theory-based Intrusion Detection with Network Slicing and AI/ML Perspectives. *Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202405.1066.v1>
- Jeyakumar, P., Muthuchidambaranathan, P., & Shrinidhi, S. (2021). A Novel Two Port High Isolation Dual-Polarized Multiband Sub-6 GHz MIMO Antenna for IoT Connected Devices. *Wireless Personal Communications*, 121(6). <https://dl.acm.org/doi/10.1007/s11277-021-08837-x>
- Karaca, Y. (2022). Chapter 2 - Theory of complexity, origin and complex systems. En, Y. Karaca, B. Dumitru, Z. Yu-Dong, O. Gervasi, & M. Moonis, *Multi-Chaos, Fractal and Multi-Fractional Artificial Intelligence of Different Complex Systems*. (pp. 9-20). Academic Press.
- Kim, D., Choi, M., & Seo, D. W. (2023). Energy-Efficient Power Control for Simultaneous Wireless Information and Power Transfer - Nonorthogonal Multiple Access in Distributed Antenna Systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 19(7), 8205-8217. <https://doi.org/10.1109/TII.2022.3217503>
- Kingsley, M. S. (2024). *Cloud Technologies and Services*. Springer.
- Koyuncu, E. (2024). Information Theory in Emerging Wireless Communication Systems and Networks. *Entropy*, 26(7). <https://doi.org/10.3390/e26070543>
- Kulshrestha, V., & Jagdale, K. R. (2024). *Towards Wireless Heterogeneity in 6G Networks*. CRC Press.

- Martin, T. (2022). A Literature Review on The Technology Acceptance Model. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 12(11), 2859-2884. [https://hrmars.com/papers\\_submitted/14115/a-literature-review-on-the-technology-acceptance-model.pdf](https://hrmars.com/papers_submitted/14115/a-literature-review-on-the-technology-acceptance-model.pdf)
- Novillo-Orozco, V. X., Naranjo-Rodas, P. P., & Barreno-Yambay, M. F. (2024). De la Papelera a la Nube: Análisis del Desarrollo del Gobierno Electrónico en el Ecuador de 2018 a 2022. *MQR Investigar*, 8(1), 5001–5013. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.5001-5013>
- Qu, K., Ye, J., Li, X., & Guo, S. (2024). Privacy and Security in Ubiquitous Integrated Sensing and Communication: Threats, Challenges and Future Directions. <https://arxiv.org/abs/2308.00253>
- Rana, S. (2024). Exploring the Advancements and Ramifications of Artificial Intelligence. *Journal of Artificial Intelligence General Science (JAIGS) ISSN:3006-4023*, 2(1), 30-35. <https://doi.org/10.60087/jaigs.v2i1.p35>
- Rojek, B. I., Kotlarz, P., Doroski, J., & Mikołajewski, D. (2024). Sixth-Generation (6G) Networks for Improved Machine-to-Machine (M2M) Communication in Industry 4.0. *Electronics*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/electronics13101832>
- Seçgin, D. S. (2023). *Low-Power Wide-Area Networks*. Wiley.
- Shah, H., & Vyas, A. K. (2024). A systematic review for 6G and beyond 6G enable IoT Network. *IEEE Xplore*. <https://ieeexplore.ieee.org/ielaam/6287639/8948470/9145564-aam.pdf>
- She, C., Pan, C., Duong, T. Q., Quek, T. Q., Schober, R., Simsek, M., & Zhu, P. (2023). Guest Editorial xURLLC in 6G: Next Generation Ultra-Reliable and Low-Latency Communications. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*. <https://www.comsoc.org/publications/journals/ieee-jsac/cfp/xurllc-6g-next-generation-ultra-reliable-and-low-latency>
- Shukur, H. M., Askar, S., & Zeebaree, S. R. (2024). The utilization of 6G in industry 4.0. *Applied Computer Science*, 20(2), 75–89. <https://ph.pollub.pl/index.php/acs/article/view/6069>
- Szymanski, T. (2023). An Ultra-Reliable Quantum-Safe Software-Defined Deterministic Internet of Things (IoT) for Data-Centers, Cloud Computing and the Metaverse. *TechRxiv*. <https://www.techrxiv.org/users/690020/articles/681636-an-ultra-reliable-quantum-safe-software-defined-deterministic-internet-of-things-iot-for-data-centers-cloud-computing-and-the-metaverse>
- Thota, S., & Govind, T. R. (2024). *Towards Wireless Heterogeneity in 6G Networks*. CRC Press.
- Tian, B. (2024). *Wireless Communications*. De Gruyter.
- Urgelles, H., Maheshwari, S., Nande, S. S., Bassoli, R., Fitzek, F. H., & Monserrat, J. F. (2024). *In-Network Quantum Computing for Future 6G Networks*. Wiley.