

Retos y oportunidades en la implementación de la tecnología de 5G en tiempos de pandemia

Challenges and opportunities in the Implementation of 5G technology in times of pandemic

Gabriel Silva-Atencio¹

Silva-Atencio, G. Retos y oportunidades en la implementación de la tecnología de 5g en tiempos de pandemia. *Tecnología en Marcha*. Vol. 35, especial COVID-19. Mayo 2022. Pág. 185-195.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v35i5.6068>



¹ Jefe de cátedra en la carrera de Ingeniería Informática. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología. Costa Rica.
Correo electrónico: gsilvaa468@ulacit.ed.cr
 <https://orcid.org/0000-0002-4881-181X>

Palabras clave

5G; telecomunicaciones; comunicación masiva; ancho de banda móvil; baja latencia.

Resumen

La quinta generación en telecomunicaciones ya se encuentra en una fase muy avanzada en algunos países a nivel global, mientras que en Latinoamérica todavía se está en proceso de estudio y pocos países en etapa de implementación; sin embargo, hay retos no solo tecnológicos y de infraestructura que se deben tomar en cuenta, por ejemplo, las leyes y políticas vigentes, es por ello que el presente artículo analiza e identifica los retos y oportunidades que deben ser considerados en una posible implementación de una red de 5G en Costa Rica de forma exitosa. La investigación tuvo un enfoque cualitativo; por tanto, se efectuó una revisión documental de las buenas prácticas en otros países en Latinoamérica que están llevando a cabo procesos similares, junto con las labores y actividades realizadas al día de hoy en Costa Rica. En total, se identificaron 3 países líderes en la región que están llevando de forma exitosa sus procesos de implementación en sus redes de 5G, en donde se identificaron desafíos de carácter político, regulatorio y tecnológico. Finalmente, se concluye que la implementación de 5G está en una etapa muy temprana en la mayoría de los países de la región y en Costa Rica, aunque se han realizado grandes avances, todavía se encuentra en una etapa introductoria, lo cual representa una gran amenaza para el país en la pérdida de inversión importantes en diversos sectores de la industria e impulso de la productividad y competitividad en las zonas rurales.

Keywords

5G; telecommunications; mass communication; mobile bandwidth; low latency.

Abstract

The fifth-generation in telecommunications is already in a very advanced phase in some countries globally, while Latin America is under study and few countries are in the implementation stage; However, there are not only technological and infrastructure challenges that taken into account, for example, current laws and policies, that is why this article analyzes and identifies the challenges and opportunities that must consider in a possible implementation of a prosperous 5G network in Costa Rica. The research had a qualitative approach; therefore, a documentary review of good practices in other countries in Latin America that are carrying out similar processes, together with the tasks and activities carried out to date in Costa Rica. In total, three leading countries in the region identified successfully carrying out their implementation processes in their 5G networks, identifying political, regulatory, and technological challenges. Finally, it concluded that the implementation of 5G is at a very early stage in most countries of the region and Costa Rica. However, significant progress made; it is still in an introductory phase, which represents a considerable threat. for the country in the loss of substantial investment in various industry sectors. It boosts productivity and competitiveness in rural areas.

Introducción

En Costa Rica y a nivel global la innovación tecnológica es un proceso acelerado, al punto de ser considerado por el economista alemán Klaus Schwab como la cuarta revolución industrial, en donde se pretende reemplazar a los humanos por máquinas en ciertas tareas o para el desarrollo de nuevas o más eficientes funcionalidades [1].

Las redes y, por lo tanto, las comunicaciones móviles se han convertido en una comodidad en la vida de los seres humanos. Actualmente, a nivel mundial se ha experimentado el cambio a lo largo de los años y el paso de cuatro generaciones en dichas comunicaciones, mejorando e incrementando favorablemente las capacidades y ofreciendo una mayor robustez para satisfacer las necesidades que aparecen día con día en nuestra sociedad. Con la tecnología de primera generación (1G), se experimentaron las primeras comunicaciones móviles analógicas que básicamente se resumen en llamadas de voz. Seguidamente, la tecnología de segunda generación (2G) introdujo los primeros sistemas digitales, igualmente enfocados en voz, pero fueron implementando poco a poco otros servicios complementarios, como los mensajes de texto. Luego, la tecnología de tercera generación (3G) dentro del marco de las comunicaciones móviles internacionales (IMT-2000), introdujo las llamadas de voz y la capacidad de enviar y recibir datos móviles. La cuarta generación (4G), también conocida como *Long Term Evolution* (LTE), permitió implementar redes móviles con capacidades de navegación en Internet de hasta 10 Megabits por segundo (Mb/s) y por último, la quinta generación (5G), sobre la cual se desarrolla este artículo y en donde se expondrá cómo esta tecnología llega a soportar nuevos servicios, como es el caso de la conducción autónoma por medio de las comunicaciones confiables y de baja latencia, e analizar las nuevas oportunidades y limitaciones de la implementación de esta tecnología en Costa Rica.

Revisión de la literatura

La quinta generación en tecnologías móviles, permite incrementar la conectividad y cobertura en lugares rurales o remotos, en algunos casos, donde incluso el 4G sigue siendo un reto [2]. Kazemifard and Shah-Mansouri [3] destacan que la disminución de la latencia y el incremento en la velocidad de conexión son uno de los principales atributos de esta tecnología, junto con la alta efectividad en la transmisión de datos a grandes escalas, lo que lleva a obtener una conexión estable y fluida entre los dispositivos digitales y el mundo físico. Es por ello, que Shivhare, et al. [4] destaca en su investigación que esta tecnología necesita sobresalir, para que sea tomada en cuenta por los inversionistas en el ámbito de sistemas móviles, para ello introduce el concepto de la comunicación inalámbrica sin limitaciones a nivel de velocidad y conectividad, transformando el concepto de *World Wide Web* (WWW) en *World Wide Wireless Web* (WWWW).

Para alcanzar este objetivo, se desarrolló el estándar de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IMT-2020), en donde se establecieron una serie de especificaciones y parámetros requeridos para las redes móviles de 5G [5], este estándar definió los requerimientos básicos, que toman en cuenta que el ancho de banda debe ser de al menos 100 Megahertz (MHz), sin embargo, si la frecuencia excede los 6 Gigahertz (GHz), entonces el ancho de banda requerido debe ser de hasta 1 GHz. Adicionalmente, la densidad de conexión se prevé en un mínimo de 1 millón de dispositivos conectados por metro cuadrado.

Craven [5], destaca que la mejoría en la velocidad de los datos, lo cual se refleja en 100 Mb/s para los datos descendientes y 50 Mb/s para los datos ascendientes del usuario. Es por ello, que autores como Lauridsen, et al. [6] mencionan que 5G continuará el recorrido de su antecesor (LTE), sin embargo, el reto y oportunidad de esta tecnología tendrá como foco el mayores velocidades y mejor eficiencia en la transferencia de datos. Dahlman, et al. [7], plantean una serie escenarios, en donde 5G contribuye con la empresa en su ventaja competitiva, el primer escenario comprende la mejora en el ancho de banda móvil, en donde Abdullah and Ameen [8], coinciden que permitirá una mejor comunicación centrada en el ser humano, ya que la creciente demanda de servicios, nuevas aplicaciones empresariales y la incursión de nuevas realidades, impactarán el día a día en el individuo y la empresa [8]. En segundo lugar, se ubican las comunicaciones ultra confiables, con baja latencia y alta disponibilidad, lo cual permitirá

habilitar los modelos de negocios [9]. En la tercera posición se ubican las comunicaciones masivas de tipo máquina, en donde un gran número de dispositivos conectados esparcirán transmisiones en pequeñas cantidades de datos [10, 11] y por último, larga duración de las baterías, ya que muchas de las aplicaciones que se ejecutan en dispositivos móviles, requerirán de un menor consumo de energía, permitiendo así que su batería pueda durar más [12, 13].

Un aspecto importante a destacar es que todos los escenarios mencionados son una muestra de las bondades y beneficios de 5G, pero no cubren la totalidad de todos los aportes que puede lograr esta tecnología, sin embargo, ayudan a proveer una visión general de las capacidades claves para esta nueva generación diseñada dentro del IMT-2020.

La tecnología 5G en Costa Rica

La implementación de la tecnología 5G es uno de los grandes retos que enfrenta Costa Rica para consolidar su avance tecnológico, además, permitirá atraer nuevas inversiones, disminuir brechas e impulsar una amplia reactivación económica. En el año 2018, el MICITT agregó la intervención estratégica llamada “Evolución de Redes Móviles de Telecomunicaciones (Ruta 5G)” dentro del Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2019-2022, con el objetivo de que el país se beneficie del progreso tecnológico. Este proyecto buscaba impulsar la transformación digital del país a través del desarrollo y evolución de los sistemas de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), para habilitar la generación de servicios innovadores y fomentar la competitividad [14]; y se planeó su implementación para el año 2022.

Según la SUTEL, Costa Rica podría perder para el año 2024 un total de \$1134 millones, lo que equivale a 704 mil millones de colones aproximadamente, si el poder ejecutivo no toma las decisiones pertinentes acerca la tecnología 5G [15]. Sin embargo, los avances reportados exponen que al cierre del año 2020 se contaba con un cumplimiento del plan de un 27,88% que supera el porcentaje de avance planificado que era de un 25%; y donde la fase de dimensionamiento y recolección de requerimientos tiene un avance del 100%. Adicionalmente, el MICITT contempló seis fases, algunas de las cuales se ejecutan de manera paralela [14]. Vega, et al. [14] menciona que en la primera fase se identificaron y dimensionaron los requerimientos de la red 5G, en una segunda fase se puso en marcha la ejecución del Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones (PAIT), que es una política pública centrada en la visión del país [16]. En la tercera fase se desarrolla la actualización de la disposición de las bandas de espectro radioeléctrico para los sistemas de tipo IMT, en la cuarta fase se implementarán las acciones que aseguren una alta disponibilidad de dicho espectro en la solución, en la quinta fase la articulación de los operadores correspondientes al sector de las telecomunicaciones y, en la última fase, la implementación de la solución 5G con los operadores.

En la fase de dimensionamiento, se logró identificar los requerimientos del espectro radioeléctrico para cada uno de los rangos de frecuencias que se necesitan dentro de las redes IMT, es decir, las bandas bajas (menores de 1 GHz), que se enfocan en lograr una mejor cobertura; las bandas medias (1 GHz y 6 GHz), que proveen un mayor ancho de banda y, por último, las bandas altas (superiores a 6 GHz), que ofrecen la posibilidad de tener mucha densidad de dispositivos conectados. No obstante, si se combinan todas las frecuencias de forma complementaria se podrá obtener un despliegue adecuado de 5G y, por lo tanto, brindar una mejor cobertura y mejor servicio al usuario final [14].

En el año 2021, se publicó la reforma al Plan Nacional de Atribución de Frecuencias (PNAF) relacionada con la actualización de la disposición de las bandas del espectro para los sistemas de tipo IMT; y donde se incluyen nuevos requisitos de los segmentos de frecuencias en el servicio móvil para sistemas IMT, reglamentos técnicos aplicables y servicio de telecomunicaciones [17]. En la fase de aseguramiento de la disponibilidad del espectro de 5G, se enfoca en el

proceso concursal, donde se asignarán los segmentos de las frecuencias requeridas por las redes móviles en un plazo corto y su ejecución se debe extender hasta el 2022. El objetivo es disminuir o mitigar las interferencias que afectan los servicios en las fronteras con Nicaragua y Panamá [16].

La tecnología 5G ha enfocado su despliegue a nivel internacional en un rango de bandas medias o banda C, más conocida como la banda de 3500 MHz [8]. Actualmente, Costa Rica posee una limitación con respecto a dichas bandas, ya que en el marco jurídico vigente que rige al sector de las telecomunicaciones, se adjudicaron a Radiográfica Costarricense (RACSA) y al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) [18]. Esta limitación se convierte en un reto donde el MICITT debe trabajar junto con la SUTEL a fin conciliar con el ICE y RACSA, para la devolución de dichas bandas y así lograr un espectro amplio para el concurso público de 5G. Si esta conciliación no llegara a suceder, el MICITT deberá abrir un proceso legal y que, por lo tanto, llevará más tiempo.

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha tenido un gran impacto y contribuido en el desarrollo del país. Sin embargo, no todos han logrado percibir tales beneficios [19]. El MICITT desarrollo el Índice de Brecha Digital (IBD), con el fin de velar por la evolución de las telecomunicaciones [20]. Según el informe de IBD 2016-2018, Costa Rica se encuentra con una brecha digital media [20]; y en donde el PROSIC [21] señala que:

“La gran mayoría de habitantes tienen acceso a Internet en sus casas y la tenencia de teléfonos móviles inteligentes muestra niveles altísimos de cobertura en nuestro país. Sin embargo, son muchos quienes, por sus características socioeconómicas, no tienen las mismas oportunidades de acceso a la tecnología”.

Según el informe de PROSIC [21], las zonas rurales son las áreas más afectadas en la brecha digital, esto debido a factores socioeconómicos, como se indica a continuación:

1. El salario (ingreso), ya que algunos hogares se ven afectados por el hecho de no tener los suficientes medios económicos para adquirir la suscripción del servicio a Internet.
2. La geografía en las zonas rurales, ya que si en la zona hay baja densidad poblacional, la inversión de infraestructura de telecomunicaciones aumenta los costos para los clientes, y en algunos casos, la oferta del servicio es limitada o no se encuentra disponible.
3. La edad influye en la alfabetización digital, ya que la persona adulta mayor, al no estar familiarizada con la tecnología, se le dificulta la manipulación de los dispositivos tecnológicos.
4. La educación es correlacional con el uso eficiente de la tecnología, ya que la brecha digital se da en el uso de la tecnología y como se genera la información y su transformación en conocimiento.
5. El empleo puede influenciar en la reducción de la brecha digital, ya que las personas se van a familiarizar con la tecnología, lo cual les va a permitir hacer un uso debido y correcto de ella.

A pesar de que Costa Rica tiene un IBD medio, se ha logrado generar un avance en la reducción de la brecha digital, ya que entre el 2016 y 2017 el IBD disminuyó en un 8%, tal como se muestra en la figura 1 [20].

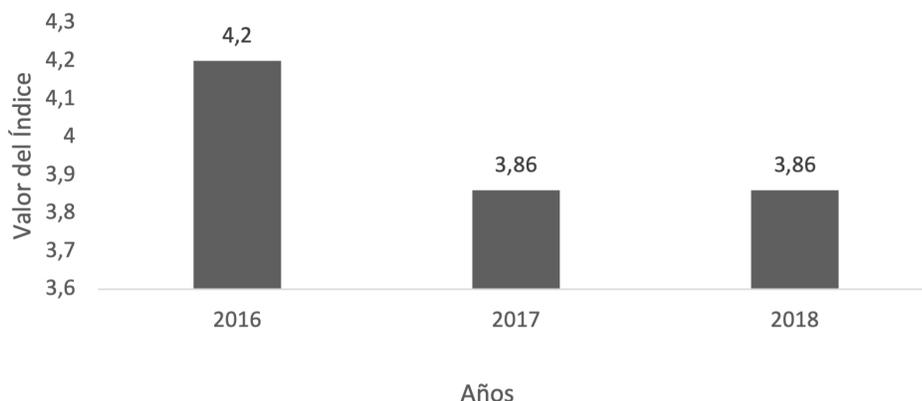


Figura 1. Índice de Brecha Digital 2016-2018. Fuente: MICITT [20].

En el año 2015, Costa Rica desarrollo el informe denominado “Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones (PNDT) 2015-2021 ‘Costa Rica: Una Sociedad Conectada’”. El objetivo del plan era presentar las principales acciones que el Estado impulsaría para profundizar el desarrollo de las Telecomunicaciones y las TIC, mediante una Agenda Digital y una Agenda de Solidaridad Digital [22]. El plan PNDT posee varios pilares, en donde se destaca es el pilar de Inclusión Digital, que tiene como objetivo reducir la brecha digital de acceso, uso y apropiación de las Tecnologías Digitales, con el fin de que la población en condiciones de vulnerabilidad disfrute de los beneficios [22]. En el cuadro 1, se muestran los cinco programas que están orientados a reducir la brecha digital en Costa Rica.

Cuadro 1. Programas del plan PNDT 2015-2021.

Programa	Descripción
Comunidades Conectadas	Construir infraestructura para llevar los servicios de telefonía e Internet a poblaciones: costeras, rurales y fronterizas
Hogares Conectados	Facilitar a los hogares en condición de pobreza y preseleccionados por el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y el Ministerio de Educación Pública (MEP), el acceso a una conexión a Internet de 5 megas.
Centros Públicos Equipados	Dotar de computadoras y tabletas con conexión de banda ancha a: escuelas y colegios públicos, Centros Comunitarios Inteligentes (CECI’s) y centros de salud y clínicas de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS); a los que se les ha llevado conectividad a Internet en el marco del Programa Comunidades Conectadas.
Espacios Públicos Conectados	Proveer acceso gratuito el servicio de Internet en espacios públicos comunitarios tales como plazas, parques, bibliotecas, entre otros.
Red Educativa del Bicentenario	Conectar todas las escuelas y colegios públicos del país a una red de banda ancha de alta velocidad.

Fuente: MICITT [22].

Los programas anteriores son liderados por el MICITT, financiado por el Fondo Nacional de Telecomunicaciones (FONATEL) y administrado por la Superintendencia de Telecomunicaciones.

La implementación de 5G beneficiaría a los hogares costarricenses, debido a que la telefonía móvil se encuentra en casi la totalidad del país (96,2%), lo que significa que los hogares podrían recibir una mejor calidad de Internet móvil, ya que las velocidades serían superiores [14]. Por

otro lado, PROSIC [21] menciona que la tecnología 5G ofrece mayor cobertura debido al amplio espectro de frecuencias que maneja, por lo que las zonas rurales se verían beneficiadas, aunque con algunas limitantes.

Metodología

El artículo utilizó un enfoque cualitativo, que permitió identificar las limitaciones que existen actualmente en Costa Rica para la implementación de 5G, para lograr este objetivo se realizó un revisión documental de las buenas prácticas en otros países en Latinoamérica que están llevando a cabo procesos similares, con la finalidad de visualizar los retos a los que se han enfrentado y como lo han solucionado. También el artículo utilizó un diseño de tipo investigación/acción, que permitió comprender y resolver problemáticas específicas de una colectividad vinculadas a un ambiente [23]. Inicialmente, se realizó una recolección de información en un compendio de datos del entorno de los sujetos que proveen la información, en donde, se obtuvo el detalle de las situaciones que generaron el conocimiento útil para la investigación [24], es por este motivo que la técnica seleccionada para recopilar la información fue la revisión documental, asociada al tema de la tecnología 5G, sus requerimientos y buenas prácticas documentadas y disponibles, tanto a nivel nacional e internacional.

La revisión documental fue ejecutada a través de la búsqueda en Internet de información documentada y relevante a la temática del artículo, por lo cual se revisaron las siguientes bases de datos electrónicas: *Web of Science*, *Emerald*, *Scopus*, *Science Direct*, *EBSCO host* y sitios de Internet de empresas y autores de renombre en la materia, la revisión abarcó información contenida en los idiomas de español e inglés. Luego, la información recopilada fue verificada y a través del juicio experto del investigador, fueron descartados los artículos que no poseían información relevante a la temática de la investigación.

Una vez culminada la revisión documental, se procedió a la centralización de los datos, siendo el tema central la tecnología 5G en Costa Rica, para ello se indagó sobre la situación actual las políticas públicas existente y se analizó cómo se podría reducir la brecha tecnológica en las zonas rurales. Posteriormente, se observaron las diferentes experiencias, retos y oportunidades en los países latinoamericanos que han llevan un proceso de implementación de 5G de forma exitosa. Por último, una vez que se ha recopilado toda la información pertinente, se realizó se infirió en los retos que generara una posible implementación de 5G en Costa Rica, como insumo y herramienta de conocimiento para la toma de decisión de la sociedad.

Resultados

En Latinoamérica existen varios países que tienen planes de implementación de forma preliminar para 5G; sin embargo, en los análisis realizados solo se contempló los tres países líderes de la región en la implementación de 5G, a partir de la referencia del Índice de Preparación de la Red (NRI), que evalúa los países en temas relacionados con las TIC, como su aprovechamiento y su preparación para el futuro [17].

En el NRI, Costa Rica se ubica en la posición 54 de 134 países, y a nivel de Latinoamérica se ubica en la posición 3; Uruguay se encuentra en la posición 47 a nivel global y 1 en Latinoamérica; Chile en la posición 50 a nivel global y 2 en Latinoamérica y Brasil se encuentra en la posición 59 a nivel global y 4 en Latinoamérica [17], siendo estos 3 países los líderes de la región y en donde se observó lo siguiente:

Chile fue el primer país en Latinoamérica en licitar el espectro de 5G en el año 2021, obteniendo una inversión superior a los 400 millones de dólares. Los ganadores de la licitación fueron las empresas WOM, Entel y Movistar [25], actualmente estas empresas se encuentran en

las fases de diseño de la red y se estima para que para el año 2022, inicien los procesos de implementación a nivel comercial, un aspecto importante a destacar es que la Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL), les exigió a las empresas adjudicadas que la cobertura de 5G debía abarcar al menos un 90% del territorio chileno. Adicionalmente, el gobierno chileno ha impulsado alianzas con el sector educación, a través de las universidades para incentivar la investigación y desarrollo (I+D), como es el caso del proyecto “Espacios 5G”, que busca desarrollar pruebas e investigaciones [26].

En Brasil, la licitación se realizó en noviembre del 2021, recaudó 8400 millones de dólares y fue adjudicada a Claro de América Móvil, Telefónica Brasil (Vivo) y TIM Brasil. Esta licitación fue realizada por la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel) [27]. Mientras que, Uruguay fue el primer país de Latinoamérica en implementar la primera red 5G en 2019, haciendo uso de una banda de 28 GHz con una infraestructura proveída por la empresa Nokia; sin embargo, este lanzamiento tuvo un alcance limitado y fue únicamente para el sector de negocios [28], empresas como Antel, Telefónica Movistar y Claro, poseen autorización por parte del Ministerio de Industria, Energía y Minería de Uruguay, para la ejecución de pruebas relacionadas con 5G y se pronostica una posible licitación de las bandas 3.5 GHz para el segundo semestre del 2021 o inicios del 2022 [29].

GSMA [30] menciona que las frecuencias en el rango 3.3-3.8 GHz son clave para el desarrollo de 5G en la región, esto debido a que las frecuencias en este rango ya se utilizan en la mayoría de las redes comerciales y tienen el mayor ecosistema de dispositivos en uso actualmente, es por ello que tomando como referencia 11 países de la región como muestra representativa (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, República Dominicana, Ecuador, Guatemala, México, Perú y Uruguay), 8 de esos 11 países ya tienen un espectro disponible para el uso de una red 5G en el rango de 3.3-3.8 GHz [30]. También, se observa que la implementación y el desarrollo de 5G, no han sido sencillo en la región, un ejemplo de esto es la liberación del espectro de frecuencia en el rango de 3.3-3.8 GHz, GSMA [30] menciona que los retos que se han enfrentado en los países líderes se agrupan en tres categorías: desafíos políticos, desafíos regulatorios y desafíos técnicos, siendo los aspectos más relevantes los siguientes:

En los desafíos políticos, los gobiernos no poseen una hoja de ruta clara para 5G, y las autoridades deben llegar a diferentes acuerdos con entidades para la recuperación de los espectros de frecuencia. Adicionalmente, en algunos países siguen con el desarrollo de la red 4G (LTE), por lo que la red 5G pasa a segundo plano.

En los desafíos regulatorios, se deben crear políticas, marcos regulatorios y mecanismos de asignación del espectro. Adicionalmente, se deben definir los precios del espectro para los operadores, ya que estos deben invertir en infraestructura para el desarrollo de 5G, y los precios deben ser razonables tanto para el operador como para el consumidor del servicio.

En los desafíos técnicos, se debe definir el tamaño mínimo de los bloques por ser ofrecidos para la tecnología móvil, definir las bandas y las adyacentes para evitar interferencias, y la coordinación de la liberación del rango de 3.3-3.8 GHz dentro de los operadores.

Para comprender cómo los países de Latinoamérica abordan estos desafíos, conocer la visión de política pública y acciones que se están llevando a cabo, el MICITT elaboró el informe de Diagnóstico Sector Comunicaciones: Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones 2022-2027. En este informe, se detallan las agendas digitales vigentes de 10 países latinoamericanos [17], en la agenda digital de Chile para el periodo 2018-2022, se establece el concepto de Matriz Digital 2018-2022, destacando tres ejes principales: derechos de los ciudadanos digitales, inversión e infraestructura y desarrollo digital, permitiendo garantizar niveles mínimos de velocidad de Internet, reducir las tarifas para los usuarios de telefonía móvil, implementar 5G para la telefonía móvil, aumento de un 30% en la inversión nacional de

telecomunicaciones y la reducción de la brecha digital por medio de la entrega de servicios a zonas rurales con acceso nulo o limitado. La agenda digital de Brasil (Estrategia Brasileña para la Transformación Digital (e-Digital)), se estructura en nueve ejes: cinco habilitadores y cuatro de transformación digital. Los ejes habilitadores son infraestructura y acceso a las TIC, investigación, desarrollo e innovación, confianza en el ambiente digital, educación y capacitación profesional y dimensión internacional, mientras que los ejes de transformación digital son economía basada en datos, dispositivos conectados, nuevos modelos de negocio y ciudadanía y gobierno [31]. Algunas acciones que se mencionan en Ministério da Ciência [31] para superar los desafíos son: promover la expansión del acceso de la población a Internet y las tecnologías digitales, con calidad de servicio y economía; incentivar el desarrollo de las nuevas tecnologías, con la expansión de la producción científica y tecnológica; y buscar soluciones a los desafíos nacionales; garantizar que el entorno digital sea seguro, fiable, propicio para los servicios y el consumo, respetando los derechos de los ciudadanos; fomentar la informatización, el dinamismo, la productividad y la competitividad de la economía brasileña, para mantenerse al día con la economía mundial, entre otros.

La agenda digital de Uruguay (Agenda Uruguay Digital 2025), se inició como un proceso de política digital, esta agenda se ha ido renovando y evolucionando [17], cuenta con 5 áreas de acción, 12 objetivos estratégicos y 53 metas específicas, también aborda los desafíos por medio del desarrollo de la ciudadanía en temas de tecnología, fomenta el aprendizaje en la educación formal para el uso de la tecnología, simplifica las interacciones de empresas con organismos públicos por medio de la integración de los servicios, promueve la transformación digital, potencia el uso de las telecomunicaciones y fortalece la infraestructura [32].

A pesar de existir estos retos, la cobertura en América Latina con 5G llegará a un 9 % en 2025 y 4G abarcará el 67 % en ese mismo año [33], lo cual es positivo debido a que el sector móvil contribuye con el crecimiento de las economías. GSMA [33] menciona que, en el año 2019, las tecnologías y los servicios móviles generaron el 7 % del producto interno bruto (PIB) en América Latina, con una contribución que ascendió a los 421 mil millones de dólares americanos. Este panorama es prometedor; sin embargo, la realidad es que 5G será desarrollada en la región en un periodo de mediano a largo plazo, siendo el reto principal en que se deben enfocar los países de la región es la reducción de la brecha digital. Los retos para la implementación de 5G en la región son similares a los de Costa Rica, el cual ya posee un camino recorrido; sin embargo, es importante que se mantenga una hoja de ruta clara y actualizada para la implementación 5G, esto debido a que el panorama puede cambiar conforme se avanza en el desarrollo de las redes en la región.

Conclusiones y/o recomendaciones (discusión)

En Costa Rica, la implementación de 5G se encuentra aún en una etapa introductoria, aunque existen regulaciones, documentación a nivel gubernamental y la fase de recolección de requerimientos y dimensionamiento ya se encuentra finalizada, la implementación todavía se encuentra en proceso de estudio y conciliación entre el MICITT, ICE y RACSA, para poder obtener la totalidad del espectro necesario. Además, dicho plan se ha ido actualizando con el paso del tiempo. Si bien fue creado en el año 2018, para el año 2020 se modificó tomando en cuenta los más recientes acuerdos del espectro radioeléctrico presentados en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2019.

Después de analizado el alcance de 5G, se puede concluir que las poblaciones rurales en Costa Rica se verían altamente beneficiadas por este servicio, ya que se espera que esta tecnología esté disponible al alcance de estas poblaciones. Además, la actividad comercial se podrá expandir hasta estas localidades para que sus residentes tengan mejores facilidades y acceso a diversos servicios en modalidad “en línea”.

Comparando Costa Rica con los países latinoamericanos, se puede observar que la situación actual en cuanto a la implementación de 5G es muy similar, muchos de países ya tienen disponible el espectro en el rango de 3.3-3.8 GHz; sin embargo, existen limitaciones a nivel tecnológico y de infraestructura que pueden estar afectando el avance de la implementación. Brasil y Chile, tuvieron audiencia a nivel internacional e inversión en el proceso de adjudicación a empresas transnacionales como Claro y Movistar. Además, Costa Rica debe acudir a conciliaciones entre instituciones públicas para poder obtener la totalidad del espectro.

En síntesis, Latinoamérica se encuentra rezagada en cuanto a tecnología en telecomunicaciones, ya que muchos países aún no tienen implementada la red 4G en todo su territorio, por lo tanto, se siguen enfocando en su expansión y comenzar con planes que involucren la implementación de 5G se torna complejo. En cuanto al factor económico, se identifica un efecto importante a nivel del desarrollo de las telecomunicaciones, ya que se observó un gran interés en empresas para invertir en esta tecnología. Mientras que, en el caso de Costa Rica, existe un alto riesgo y exposición a perder inversiones considerables en diferentes sectores de la sociedad a nivel nacional, si la implementación de 5G llegara a rezagarse más de lo esperado [34]. Otro aspecto relevante que debe ser considerado, es que en Latinoamérica la red de 5G ha generado a la fecha más de 400 mil millones de dólares por ingresos en tecnologías y servicios móviles.

Sin duda alguna la quinta generación en telecomunicaciones tiene un gran impacto en el ámbito empresarial y en la sociedad en general, ya que ofrecerá capacidades más altas (velocidad, latencia y confiabilidad). Adicionalmente, la incorporación progresiva de nuevos dispositivos tecnológicos que aprovechen estas capacidades y el beneficio de la vida útil de la batería impulsará nuevos modelos de negocio en la empresa, permitiendo el desarrollo en las zonas rurales de forma acelerada.

Referencias

- [1] M. Da Silva and J. Guerreiro, *On the 5G and Beyond*. 2020, pp. 2076-3417.
- [2] S. Moloudi *et al.*, “Coverage Evaluation for 5G Reduced Capability New Radio (NR-RedCap),” *IEEE*, vol. 9, pp. 45055-45067, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3066036.
- [3] N. Kazemifard and V. Shah-Mansouri, “Minimum delay function placement and resource allocation for Open RAN (O-RAN) 5G networks,” *Computer Networks*, vol. 188, p. 107809, 2021/04/07/ 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.107809>.
- [4] A. Shivhare, R. Arya, and R. Gupta, *A Review on 5G Technology: A Heterogeneous Architecture, OSI Protocol Model & Future Challenges*, <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=146732184&lang=es&site=ehost-live>, 2020.
- [5] C. Craven. “What Is IMT-2020.” SDX Central. (accessed).
- [6] M. Lauridsen, L. C. Gimenez, I. Rodriguez, T. B. Sorensen, and P. Mogensen, “From LTE to 5G for connected mobility,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 3, pp. 156-162, 2017.
- [7] E. Dahlman, S. Parkvall, and J. Sköld, “4G, LTE-Advanced Pro and the Road to 5G,” *Elsevier*, vol. 3, pp. 527-537, 2016.
- [8] D. M. Abdullah and S. Y. Ameen, “Enhanced mobile broadband (EMBB): A review,” *Journal of Information Technology and Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 13-19, 2021.
- [9] D. Soldani, Y. J. Guo, B. Barani, P. Mogensen, I. Chih-Lin, and S. K. Das, “5G for ultra-reliable low-latency communications,” *Ieee Network*, vol. 32, no. 2, pp. 6-7, 2018.

- [10] R. Chataut and R. Akl, "Massive MIMO systems for 5G and beyond networks—overview, recent trends, challenges, and future research direction," *Sensors*, vol. 20, no. 10, p. 2753, 2020.
- [11] X. Chen, D. W. K. Ng, W. Yu, E. G. Larsson, N. Al-Dhahir, and R. Schober, "Massive access for 5G and beyond," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 39, no. 3, pp. 615-637, 2020.
- [12] S. Buzzi, I. Chih-Lin, T. E. Klein, H. V. Poor, C. Yang, and A. Zappone, "A survey of energy-efficient techniques for 5G networks and challenges ahead," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 34, no. 4, pp. 697-709, 2016.
- [13] G. Wu, C. Yang, S. Li, and G. Y. Li, "Recent advances in energy-efficient networks and their application in 5G systems," *IEEE Wireless Communications*, vol. 22, no. 2, pp. 145-151, 2015.
- [14] P. Vega, T. Willink, F. Troyo, C. Morales, and A. Chinchilla, *La ruta 5G, el camino de Costa Rica hacia las redes IMT-2020*, Micitt, ed., https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/la_ruta_5g_el_camino_de_costa_rica_hacia_las_redes_imt-2020_v10_1.pdf, 2021.
- [15] SUTEL. "Costa Rica perdería €704 mil millones por falta de decisión para implementar redes 5G." (accessed).
- [16] MICITT. "Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones." (accessed).
- [17] MICITT, *Diagnóstico sector telecomunicaciones: plan nacional de desarrollo de las telecomunicaciones 2022-2027*, https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/diagnostico_sector_telecomunicaciones_pndt_2022-2027_version_final.pdf, 2021.
- [18] F. Pomareda. "Empresas interesadas en red 5G presionan por bandas en poder del ICE y de Racsa." (accessed).
- [19] R. APD, "Tecnología 5G: ventajas y desventajas para las empresas."
- [20] MICITT, "Índice de brecha digital 2016-2018."
- [21] PROSIC, *Hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento: Informe 2020*, U. d. C. Rica, ed., <http://www.prosic.ucr.ac.cr/informe-hacia-la-sociedad-de-la-informacion-y-el-conocimiento-2020>, 2020.
- [22] MICITT, "Plan Nacional de Desarrollo de las telecomunicaciones."
- [23] R. Sampieri, *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México, 2018.
- [24] R. Barrantes, *Investigación: Un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*, 2 ed. Costa Rica: EUNED-AGORA, 2016.
- [25] C. Economía. "Licitación de red 5G en Chile recauda más de 453 millones de dólares." CNN. (accessed).
- [26] M. Rojas. "5G en Chile: los pasos que se avecinan para la revolución digital que comienza." La tercera. (accessed).
- [27] F. Staff. "América Móvil, Telefónica y TIM consiguen principales lotes de licitación 5G en Brasil." Forbes. (accessed).
- [28] R. Wyrzykowski, "Uruguay: Mobile Network Experience Report", <https://www.opensignal.com/reports/2021/05/uruguay/mobile-network-experience>, 2021.
- [29] E. Pais. "Una nueva ola de negocios llegará con la tecnología 5G." (accessed).
- [30] GSMA, *5G and the 3.3-3.8 GHz Range in Latin America*, <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/11/5G-and-3.5-GHz-Range-in-Latam.pdf>, 2020.
- [31] T. e. I. Ministério da Ciência. "Estratégia Brasileira Para a Transformação Digital." (accessed).
- [32] U. Digital. "Agenda Uruguay Digital 2025." (accessed).
- [33] GSMA, "La Economía Móvil América Latina 2020," *GSMA 2020*.
- [34] C. Cordero, "Atraso en 5G provoca pérdidas de negocios a empresas informáticas costarricenses."