

Retos de la implementación de la tecnología 5G en Costa Rica

Luis Duarte Pérez
Escuela de Ingeniería
ULACIT
San José, Costa Rica
lduartep547@ulacit.ed.cr

Elena Porras Astorga
Escuela de Ingeniería
ULACIT
San José, Costa Rica
eporrasa036@ulacit.ed.cr

Julio Córdoba Retana
Escuela de Ingeniería
ULACIT
San José, Costa Rica
jcordobar022@ulacit.ed.cr

Resumen — La quinta generación en telecomunicaciones ya se encuentra en una fase avanzada en algunos países a nivel global. Costa Rica, así como el resto de Latinoamérica, está en proceso de implementación de dicha tecnología; sin embargo, hay retos no solo tecnológicos y de infraestructura que se deben tomar en cuenta, por ejemplo, las leyes y políticas vigentes. En Costa Rica, específicamente, la ruta para alcanzar la completa implementación de la tecnología 5G inició en el 2018 en un gran esfuerzo liderado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones que, junto con la Superintendencia de Telecomunicaciones, han ido estableciendo las fases del proyecto al punto que, en el 2020, la fase de recolección de requerimientos y dimensionamiento fue completada. Países latinoamericanos como Uruguay, Chile y Brasil ya poseen una pequeña parte del camino recorrido, sin embargo, hace falta mucho por recorrer. En medio de licitaciones y políticas, se preparan para la implementación de esta tecnología, a pesar de presentar muchas limitaciones. Actualmente, una de las situaciones que afecta la implementación de esta tecnología es que, en dicha región, la cuarta generación aún se encuentra en desarrollo, siendo todavía un reto su alcance en poblaciones rurales y alejadas de las capitales y grandes ciudades.

Palabras clave — 5G, Costa Rica, Latinoamérica, telecomunicaciones, conexiones inalámbricas

Abstract—The fifth generation in telecommunications is already in an advanced phase in some countries globally. Costa Rica, as well as the rest of Latin America, is in the process of implementing this technology, however, there are not only technological and infrastructure challenges that must be considered, such as current laws and policies. In Costa Rica, specifically, the route to achieve the full implementation of 5G technology began in 2018 in a great effort led by the Ministry of Science, Technology and Telecommunications, which together with the Superintendency of Telecommunications have been establishing the phases that the project must include and, in 2020, the requirements gathering and dimensioning phase was completed. Latin American countries such as Uruguay, Chile and Brazil already have a small part of the road traveled, however, there is still a long way to go. Those countries already performed biddings and they are preparing for the implementation of this technology, despite many limitations. Currently, one of the situations that affects the implementation of this technology is that, in this region, the fourth generation is still

under development, and it's still a challenge rural populations that are far from capitals and large cities.

Keywords—5G, Costa Rica, Latin America, Telecommunications, World Wide Wireless Web

I. 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, 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 móviles 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 de dichas comunicaciones, mejorando e incrementando favorablemente las nuevas capacidades y convirtiéndose cada vez en más robustas para satisfacer las necesidades que aparecen día con día.

Con la tecnología 1G se experimentaron las primeras comunicaciones móviles analógicas que básicamente se resumen a llamadas de voz. Seguidamente, la tecnología 2G introdujo los primeros sistemas digitales, igualmente enfocados en voz, pero fueron implementando poco a poco otros servicios complementarios como los mensajes de texto. Posterior a la 2G, se implementó la tecnología 3G dentro del marco IMT-2000 e incluye llamadas de voz y la capacidad de enviar y recibir datos móviles.

La cuarta generación o 4G es conocida como LTE o *Long Term Evolution*, donde se implementan redes móviles con capacidades de hasta 10 Mbps.

Por último, se tiene la 5G o quinta generación, sobre la cual se va a desarrollar este artículo de estudio y es donde las comunicaciones tienen un papel fundamental en la conducción autónoma por medio de las comunicaciones confiables y de baja latencia. A lo largo de este artículo se profundizará en este tema y se expondrá cómo la tecnología 5G llega a soportar

nuevos servicios como lo son las cirugías remotas, vehículos autónomos y comunicaciones sin hacer uso de estaciones base.

Además, se observa el estado actual de estas tecnologías en el ámbito costarricense, las limitaciones que existen actualmente en Costa Rica para la implementación del 5G, las políticas públicas dentro de la legislación del país para incentivar el desarrollo de dicha tecnología y cómo se podría reducir la brecha tecnológica en las zonas rurales por medio de esta quinta generación en telecomunicaciones.

Por último, se pretende analizar cuáles países de Latinoamérica han iniciado con el desarrollo de la tecnología 5G, los retos enfrentados en su desarrollo y cómo los han abarcado, y tomando lo anterior como referencia, se estudia la similitud de los retos enfrentados por dichas naciones -o, incluso, por otros países más desarrollados- con los retos actualmente presentes para Costa Rica.

Como parte de esta investigación, se va a explorar si la introducción de la red 5G en Costa Rica favorecería a los clientes y empresas que utilicen esta tecnología. De igual manera, se va a explorar si en Costa Rica no existen políticas públicas ni leyes para el desarrollo de la tecnología 5G, ya que este tema es poco explorado.

A su vez, esta investigación va a estudiar si el factor económico influye considerablemente en la toma de decisiones para el desarrollo de las telecomunicaciones, y si un 50% de la población rural de Costa Rica se beneficiaría de la red 5G con solo el hecho de poseer un dispositivo móvil que pueda conectarse a dicha red móvil.

Por otro lado, por medio del análisis de los países de la región latinoamericana, se va a explorar si la mayoría de los países poseen los mismos retos políticos y económicos que impiden el desarrollo de la tecnología 5G.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación emplea el método de investigación de tipo cualitativo, con un diseño de tipo investigación/acción. Este enfoque permite identificar las posibles limitaciones que existen actualmente en Costa Rica para la implementación de la tecnología 5G, y establecer cómo otros países en Latinoamérica han enfrentado los retos en su desarrollo y cómo los han solucionado.

Se emplea este tipo de diseño porque “la finalidad de la investigación-acción es comprender y resolver problemáticas específicas de una colectividad vinculadas a un ambiente” [2].

En la primera parte de la investigación, se inicia con la revisión de la bibliografía, donde se desarrolla el tema de la tecnología 5G y sus requerimientos.

En una segunda parte, se centraliza el tema de la tecnología 5G en Costa Rica, se indagan las políticas públicas de la legislación existente para incentivar su desarrollo y se analiza cómo se podría reducir la brecha tecnológica en las zonas rurales.

En una tercera parte, se observan las diferentes situaciones que han experimentado los países latinoamericanos que han

iniciado con la implementación del 5G y cómo han logrado solventar los inconvenientes.

Una vez que se ha recopilado toda la información pertinente, se realiza un análisis de los datos para inferir si las hipótesis planteadas son verdaderas o bien, si se genera un nuevo conocimiento.

III. MARCO TEÓRICO

A. Tecnología 5G y sus requerimientos

La quinta generación en tecnologías móviles -o, como es comúnmente llamada, 5G- actualmente tiene una cobertura limitada y restringida a solo unas pocas regiones. Esta tecnología incrementa la conectividad y cobertura en lugares rurales o remotos, en algunos casos, donde incluso el 4G sigue siendo un reto.

Una de sus principales características es la disminución de la latencia y un incremento en la velocidad de conexión. Además, al ser una tecnología inalámbrica, promueve una 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.

La quinta generación necesita sobresalir respecto a las generaciones anteriores para que sea tomada en cuenta por los inversionistas en el ámbito de sistemas móviles, por lo tanto, pretende implementar la comunicación inalámbrica sin limitaciones a nivel de velocidad y conectividad, convirtiendo el *World Wide Web* en *World Wide Wireless Web* o WWW [3].

El IMT-2020 es un estándar desarrollado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones donde se establecen una serie de especificaciones para las redes 5G y que, en su momento, se planeó que fuera completada en el año 2020.

En el año 2017, este estándar definió una serie de requerimientos básicos para la implementación de las redes 5G, donde se tiene que tomar en cuenta que el ancho de banda debe ser de al menos 100 MHz, sin embargo, si la frecuencia excede los 6 GHz el ancho de banda requerido debe ser de hasta 1 GHz.

En lo que respecta a la densidad de conexión, se debe prever un mínimo de un millón de dispositivos conectados por metro cuadrado. Además, los enlaces descendentes deben poseer una velocidad máxima de 20 Gb/s y los ascendentes de 10 Gb/s.

Otro requerimiento importante para tomar en cuenta es que la velocidad de datos descendente deseada para el usuario debe de ser de 100 Mb/s y la ascendente de 50 Mb/s [4].

El 5G continuará con el camino recorrido por la tecnología LTE, sin embargo, planea habilitar velocidades más altas de transferencia de datos y con mayor eficiencia en términos de anchos de bandas móviles.

Se han definido los principales escenarios o casos de uso en los que la tecnología 5G se ha enfocado [5], el primero es mejor ancho de banda móvil. Se considera que aborda la comunicación centrada en el ser humano y, además, la demanda está en constante crecimiento y nuevas aplicaciones

surgen día a día. Se aplicará especialmente a la realidad virtual y a velocidades de *gigabytes*.

El segundo caso de uso hace referencia a las comunicaciones ultra confiables y con baja latencia donde se cubre tanto la comunicación centrada en los humanos como en las máquinas. Se pretende reforzar los requerimientos de latencia, confiabilidad y alta disponibilidad. Además, se podrán aplicar los conceptos de cirugías remotas y vehículos autónomos.

El siguiente requerimiento se enfoca en las comunicaciones masivas de tipo máquina, donde un gran número de dispositivos se encuentran conectados esparciendo transmisiones en pequeñas cantidades de datos y que podrán ser de mucho provecho en logística y ciudades inteligentes.

Por último, se expone que los dispositivos poseerán un bajo costo y con una batería duradera ya que muchas de las aplicaciones que van a administrar grandes colecciones de datos requieren la posibilidad de utilizar dispositivos más baratos y, por lo tanto, muy poco consumo de energía, permitiendo así que su batería pueda durar incluso varios años.

Los escenarios mencionados no cubren todos los posibles escenarios presentes dentro del 5G, sin embargo, ayudan a proveer una visión general de las capacidades claves para esta nueva generación diseñada dentro del IMT-2020.

B. 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 Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (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 tiene como objetivo “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” [6] y se planeó su cumplimiento en la implementación para el año 2022. Esta intervención está orquestada por el Viceministro de Telecomunicaciones.

Según la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUTEL), Costa Rica podría perder al año 2024 un total de \$1.134 millones, lo que equivale a 704.000 millones de colones aproximadamente, si el Poder Ejecutivo del país no toma las decisiones pertinentes para la implementación de la tecnología 5G [7]. 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 es de un 25% y donde la fase de dimensionamiento y recolección de requerimientos tiene un cumplimiento del 100% [6].

La Rectoría del MICITT contempló seis fases dentro del plan de trabajo, algunas de las cuales se ejecutan de manera paralela.

Como se menciona en [6], 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 que tiene Costa Rica en lo que respecta a la infraestructura de las telecomunicaciones y donde se establece que “el despliegue ágil de infraestructura de telecomunicaciones es un elemento fundamental para garantizar que todos los y las habitantes tengan la oportunidad de recibir servicios de calidad en un escenario de libre competencia” [8].

En una 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 que cada uno de los rangos de frecuencias necesita dentro de las redes IMT, es decir, las bandas bajas que hacen referencia a las menores de 1 GHz y que se enfocan en lograr una mejor cobertura; las bandas medias, que son aquellas entre 1 GHz y 6 GHz que proveen un mayor ancho de banda y, por último, las bandas altas que sobrepasan los 6 GHz y donde se centran anchos de banda más altos, con muy poca latencia y la posibilidad de tener mucha densidad de dispositivos conectados.

Si se combinan las frecuencias de las bandas anteriormente señaladas de una manera complementaria se podrá obtener un despliegue adecuado de la quinta generación y, por lo tanto, se podrá dar un mejor seguimiento a las necesidades de cobertura y brindar un mejor servicio al usuario final.

En el oficio n.º MICITT-DM-OF-540-2018 el MICITT le solicita a la SUTEL una actualización de las necesidades de espectro enfocándose en las futuras redes móviles IMT, para así poder tener una mejor proyección de lo que más adelante surgirá con la implementación de las tecnologías 5G. La solicitud fue atendida y actualizada en el informe n.º 05071-SUTEL-DGC-2020 en el año 2020 y se consideraron los más recientes acuerdos de armonización del espectro radioeléctrico presentados en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones realizada en el 2019 [9].

En abril del 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 su implementación en los sistemas IMT y que además permite profundizar los reglamentos técnicos aplicables y así poder brindar al usuario final un mejor servicio de telecomunicaciones.

En lo que respecta a la fase de aseguramiento de la disponibilidad del espectro para la implementación de la solución 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.

Además, con el objetivo de disminuir o mitigar las interferencias que afectan los servicios se ha considerado presentar trabajos de armonización en las fronteras con Nicaragua y Panamá.

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. Actualmente, Costa Rica posee una limitación con respecto a dichas bandas, ya que, antes de que se implementara el marco jurídico vigente en este momento que rige el sector de las telecomunicaciones desde el 2008, un porcentaje de ellas se adjudicaron a Radiográfica Costarricense (RACSA) y también al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Esta limitación se convierte en un reto donde el MICITT debe trabajar junto con la SUTEL a fin de abrir diálogos conciliatorios con el ICE y RACSA para poder ejecutar un acuerdo firmado por ambas partes donde se exponga la devolución de dichas bandas rápidamente y así lograr poseer un espectro amplio para el concurso público para las redes 5G. Si esta conciliación no llegara a suceder, el MICITT deberá abrir un proceso legal más robusto y que, por lo tanto, llevará más tiempo.

C. Brecha tecnológica en Costa Rica

El desarrollo de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) ha tenido un gran impacto y contribuido en el desarrollo de diversos ámbitos de la sociedad. Sin embargo, no todos han logrado percibir tales beneficios.

El MICITT elabora el Índice de Brecha Digital (IBD), con el fin de velar por la evolución de las telecomunicaciones en Costa Rica. Esta institución define la brecha digital como “la diferencia que existe entre quienes tienen acceso a las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y quienes no tienen acceso, entre quienes teniendo acceso no saben cómo utilizarlas y entre quienes las utilizan, pero reciben diferentes niveles de calidad” [10].

Según el informe de IBD 2016-2018 elaborado por el MICITT, Costa Rica se encuentra con una brecha digital media [10].

[11] 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.

Las zonas rurales son algunas de las áreas afectadas en la brecha digital, esto se debe a distintos factores socioeconómicos por ejemplo, los ingresos, geografía, edad,

educación y empleo. Estos factores a continuación son descritos con base en [11].

El salario o ingreso es un factor clave, ya que algunos hogares se ven afectados por el hecho de no tener los suficientes medios económicos para adquirir la suscripción del servicio de internet.

La geografía toma un papel importante 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.

La edad influye en la alfabetización digital, a la persona adulta mayor, al no estar familiarizada con la tecnología, se le dificulta la manipulación de los dispositivos tecnológicos.

La educación es correlacional con el uso eficiente de la tecnología. La brecha digital se da en cómo se utiliza la tecnología en el uso de la información y su transformación en conocimiento.

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 avance en la reducción de la brecha digital, ya que entre el 2016 y 2017 el IBD disminuyó en un 8% [10].

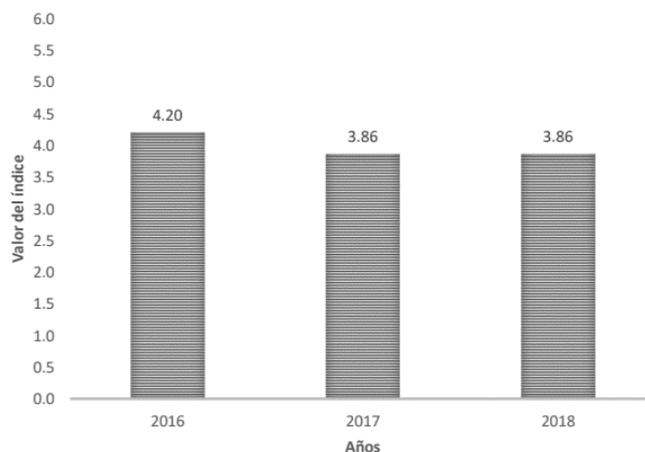


Figura 1. Índice de Brecha Digital 2016-2018. Fuente: [10]

En la administración Solís Rivera, que estaba en función en el año 2015, mediante el MICITT y el viceministro de Telecomunicaciones emitieron el plan 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 en Costa Rica, mediante una Agenda Digital y una Agenda de Solidaridad Digital [12].

El plan PNDT posee varios pilares, uno de los que se destaca es el denominado Inclusión Digital. Este pilar 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 de las Telecomunicaciones/TIC como herramienta para su superación, desarrollo personal y el ejercicio de sus derechos” [12].

Este pilar desarrolla cinco programas que están orientados a reducir la brecha digital en Costa Rica. Estos programas son:

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), CEN-CINAI 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.

Tabla 1. Programas del plan PNDT 2015-2021. Fuente: [12], [13]- [17]

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 la tecnología 5G beneficiaría a hogares costarricenses, debido a que la telefonía móvil se encuentra en casi la totalidad de los hogares, un aproximado de un 96,2%, lo que significa que los hogares podrían recibir una mejor calidad de internet móvil, ya que las velocidades serían altas.

Por otro lado, como se mencionó en [11], 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.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Concluida la investigación teórica, se procede a realizar la investigación relacionada con la situación actual de los países latinoamericanos respecto a la implementación de la tecnología 5G.

Latinoamérica está compuesta por varios países, por lo que solo se mencionan los tres primeros países líderes de la región con la implementación de la tecnología 5G, usando de referencia el Índice de Preparación de la Red, como se menciona en [18].

El Índice de Preparación de la Red (NRI, por sus siglas en inglés) es calculado por Portulans Institute y World Information Technology and Services Alliance (WITSA), este

índice evalúa los países en temas relacionados con las TIC, como su aprovechamiento y su preparación para el futuro.

En el índice general, 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; Brasil se encuentra en la posición 59 a nivel global y 4 en Latinoamérica [18].

Chile fue el primer país en Latinoamérica en licitar el espectro para la tecnología 5G en febrero del año 2021, obteniendo una suma de más de 400 millones de dólares estadounidenses. Los ganadores de dicha licitación fueron las compañías de telecomunicaciones WOM, Entel y Movistar [19]. Se espera que para el 2022 se implemente a nivel comercial en todo el país. La Subsecretaría de Telecomunicaciones (SUBTEL) exige a las empresas ganadoras de la licitación que la cobertura de la nueva tecnología debe abarcar al menos un 90% del territorio chileno. Además, las universidades locales han puesto en marcha proyectos llamados “Espacios 5G”, donde se realizan pruebas e investigaciones que sirven de enlace entre la ciencia, el pueblo y las industrias [20].

En cuanto a Brasil, la licitación se realizó el 4 de noviembre del 2021, recaudó 8.400 millones de dólares estadounidenses y fue ganada por Claro de América Móvil, Telefónica Brasil y TIM. Esta licitación fue realizada por la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel) [21].

Por otro lado, Uruguay fue el primer país de Latinoamérica en implementar la primera red 5G en abril del 2019, haciendo uso de una banda de 28 GHz con una infraestructura proveída por Nokia; sin embargo, este lanzamiento tuvo un alcance limitado y fue únicamente para el sector de negocios [22]. Empresas como Antel, Telefónica Movistar y Claro ya poseen autorización por parte de Omar Paganini, actual ministro de Industria, Energía y Minería, para la ejecución de pruebas relacionadas con la tecnología 5G y se pronosticó una licitación de las bandas 3.5 GHz para el segundo semestre del 2021 [23].

[24] menciona que las frecuencias en el rango 3.3-3.8 GHz son clave para el desarrollo de la tecnología 5G en la región. Esto debido a que las frecuencias en este rango ya se utilizan en la mayoría de las redes comerciales 5G y tienen el mayor ecosistema de dispositivos.

Tomando de 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 despejado en el rango de 3.3-3.8 GHz [24].

La implementación y el desarrollo de la tecnología 5G no han sido sencillos en la región, un ejemplo de esto es la liberación del espectro de frecuencia en el rango de 3.3-3.8 GHz. [24] recopila los retos que se han enfrentado en tres categorías: desafíos políticos, desafíos regulatorios y, por último, desafíos técnicos.

En los desafíos políticos, los gobiernos no poseen una hoja de ruta clara para la implementación de 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, por lo que la 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 del 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 en materia de telecomunicaciones, el MICITT elaboró el informe denominado “Diagnóstico Sector Comunicaciones: Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones 2022-2027”. En este informe, en el apartado 2.3, se detallan las agendas digitales vigentes de 10 países latinoamericanos.

La agenda digital de Chile, como se mencionó en [18], para el periodo 2018-2022, la administración de gobierno presentó la agenda denominada “Matriz Digital 2018-2022: Por un Chile Conectado”. Esta agenda abarca tres ejes principales: derechos de los ciudadanos digitales, inversión e infraestructura y desarrollo digital.

En esta agenda, se plantea garantizar niveles mínimos de velocidad de internet, reducir las tarifas para los usuarios de telefonía móvil, implementar la tecnología 5G para la telefonía móvil, aumento de un 30% en la inversión nacional de telecomunicaciones, reducción de la brecha digital por medio de la entrega de servicios de banda ancha fija a zonas rurales con acceso nulo o limitado, entre otros.

La agenda digital de Brasil es del año 2018, denominada “Estrategia Brasileña para la Transformación Digital (E-Digital)”, esta agenda se estructura en nueve ejes: cinco habilitadores y cuatro de transformación digital [25].

Los ejes habilitadores son infraestructura y acceso a las tecnologías de la información y comunicación, investigación, desarrollo e innovación, confianza en el ambiente digital, educación y capacitación profesional y dimensión internacional.

Los ejes de transformación digital son economía basada en datos, dispositivos conectados, nuevos modelos de negocio y ciudadanía y gobierno.

Cada eje se limita a describir la situación actual de Brasil y del diagnóstico que se realiza, se desprenden los objetivos y acciones para alcanzar la visión deseada.

Algunas acciones que se mencionan en [25] para superar los desafíos son: promover la expansión del acceso de la población a internet y tecnologías digitales, con calidad de servicio y economía; incentivar el desarrollo de 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 se inició en el año 2000 como un proceso de política digital, esta agenda se ha ido renovando y evolucionando, y actualmente posee un objetivo para el año 2025 [18]. La agenda denominada “Agenda Uruguay Digital 2025” cuenta con 5 áreas de acción, 12 objetivos estratégicos y 53 metas específicas.

Esta agenda pretende abordar los desafíos por medio del desarrollo de la ciudadanía en temas de tecnología, fomentar el aprendizaje en la educación formal para el uso debido de la tecnología, simplificar las interacciones de empresas con organismos públicos por medio de la integración de los servicios, promover la transformación digital, potenciar el uso de las telecomunicaciones y fortalecer la infraestructura, entre otros [26].

A pesar de existir estos retos, el cubrimiento de América Latina con 5G llegará a un 9 % en 2025 y 4G irá por el 67 % en ese mismo año [27], lo cual es positivo debido a que el sector móvil contribuye al crecimiento de las economías. [27] menciona que, en el año 2019, las tecnologías y los servicios móviles generaron el 7 % del PIB de América Latina, una contribución que ascendió a los USD 421.000.

Este panorama es prometedor, sin embargo, la realidad es que la tecnología 5G será desarrollada en la región en un mediano-largo plazo. El reto principal en el cual se deben enfocar los países de la región es la reducción de la brecha digital.

Según la investigación “Conectividad Rural en América Latina y el Caribe - Un puente al desarrollo sostenible en tiempos de pandemia”, presentada por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Microsoft, se mostró que 77 millones de personas en áreas rurales no tienen acceso a Internet y el 32% (244 millones de personas) no tienen acceso [28].

Los retos para la implementación de la red 5G en los países de Latinoamérica son similares a los de Costa Rica. Costa Rica posee un camino recorrido comparado con los diferentes estados de la región; sin embargo, es importante que se mantenga una hoja de ruta clara y actualizada para la implementación de la red 5G, así como la renovación de la infraestructura. Esto debido a que el panorama puede cambiar conforme se avanza en el desarrollo del 5G en la región.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez finalizado el análisis de resultados con la información obtenida y el marco teórico planteado, se puede concluir que el proceso de implementación de la red 5G tanto en Costa Rica como en Latinoamérica todavía se encuentra en una fase introductoria.

En Costa Rica, se puede concluir que sí existen regulaciones y documentación a nivel gubernamental, como lo es la “Evolución de Redes Móviles de Telecomunicaciones (Ruta 5G)” dentro del Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública 2019-2022 que apoyan el proyecto relacionado con la implementación de la red 5G y que, teniendo presente que la fase de recolección de requerimientos y dimensionamiento ya se encuentra finalizada en menor tiempo de lo esperado, la implementación todavía se encuentra en proceso de estudios y conciliaciones entre el MICITT y el Instituto Costarricense de Electricidad y Radiográfica Costarricense 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 las tecnologías 5G, se puede concluir que las poblaciones rurales en Costa Rica se verían altamente beneficiadas por este servicio. Gracias al Programa “Comunidades Conectadas” se espera que las nuevas tecnologías estén también al alcance de dichas 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 algunos de los países latinoamericanos, se puede concluir que la situación actual en cuanto a la implementación de la red 5G es muy similar, muchos de estos 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. Las licitaciones en Brasil y Chile tuvieron mucha audiencia a nivel internacional y mucho capital monetario fue expuesto en estos procesos, ganados por grandes empresas transnacionales como Claro y Movistar. Por otro lado, Costa Rica tiene que acudir a conciliaciones entre entidades para poder obtener la totalidad del espectro.

Además, Latinoamérica se encuentra un poco rezagada en cuanto a tecnología en telecomunicaciones, ya que, según los estudios mencionados, existen muchos países que 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 la quinta generación se torna complejo.

En cuanto al factor económico, se puede concluir que sí tiene un efecto importante a nivel del desarrollo de las telecomunicaciones ya que se pudo observar los altos números de inversión monetaria que grandes empresas proveyeron para ganar las licitaciones. Además, a nivel costarricense, se extrajeron datos en donde se expone que el país podía perder una alta cantidad de dinero si la tecnología 5G quedaba rezagada a nivel nacional. Otro dato importante, esta vez correspondiente a Latinoamérica, hace referencia a que un porcentaje del Producto Interno Bruto fue generado por las tecnologías y los servicios móviles y que fue de más de \$400.000 estadounidenses.

Para finalizar, tomando en cuenta lo mencionado en el marco teórico, se puede concluir que la quinta generación en telecomunicaciones puede tener un gran impacto en el ámbito empresarial ya que cuenta con capacidades más altas a nivel de velocidad, reduce la latencia e incrementa la confiabilidad de las redes. Tomando en cuenta lo anterior, se podrá contar con dispositivos que posean una batería con una vida más extensa, la distancia no va a ser un impedimento para la realización de labores empresariales, la realidad virtual y aumentada se adentra aún más en el mercado y el alcance se expande hasta las zonas más alejadas.

Como se pudo observar a lo largo de esta investigación, los países estudiados se han caracterizado por la transparencia en sus procesos y en la información disponible para el público en general; por lo tanto, es recomendable seguir con este proceso tal cual se ha hecho hasta este momento, con el objetivo de brindar el estado actual del avance en la implementación de las redes 5G en los territorios de cada país.

Además, otro punto importante es el trabajo conjunto entre los países vecinos, como es el caso de Costa Rica, quien se prepara para presentar ideas de armonización con Nicaragua y Panamá, con el objetivo de mitigar interferencias, y por lo tanto es una recomendación que el resto de los países latinoamericanos también debería adoptar.

VI. TRABAJOS FUTUROS

Siguiendo el enfoque de esta investigación y teniendo en cuenta los planes presentados por los países estudiados, se sugiere darle seguimiento al proceso de implementación de las redes 5G de cada uno de ellos.

Previo a esto, se podría plantear otra investigación respecto a cuáles países aún siguen en proceso de implementación de la cuarta generación de telecomunicaciones, con el objetivo de analizar cuánto camino les queda por recorrer y si es factible empezar de inmediato con la implementación de la quinta generación en esas regiones.

Además, en el ámbito rural costarricense, se podría realizar un análisis de cuáles son específicamente las regiones que se encuentran más aisladas y cómo se podrían solventar muchas de sus necesidades actuales con la implementación de la tecnología 5G.

VII. REFERENCIAS

- [1] M. M. da Silva y J. Guerreiro, «On the 5G and Beyond,» *Applied Sciences* (2076-3417), vol. 10, n° 20, octubre 2020.
- [2] R. Hernández-Sampieri y C. P. Mendoza Torres, «Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta,» de *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, Ciudad de México, McGraw Hill Education, 2018, pp. 552-559.
- [3] A. Shivhare, R. Arya y R. Gupta, «A Review on 5G Technology: A Heterogeneous Architecture, OSI Protocol Model & Future Challenges,» julio 2020. [En línea]. Available: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=146732184&lang=es&site=ehost-live>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [4] C. Craven, «What Is IMT-2020?,» 02 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.sdxcentral.com/5g/definitions/imt-2020/>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [5] E. Dahlman, S. Parkvall y J. Sköld, «4G, LTE-Advanced Pro and the

- Road to 5G,» de *4G, LTE-Advanced Pro and the Road to 5G*, 3 ed., London, ELSEVIER, 2016, pp. 527-537.
- [6] P. Vega, T. Willink, F. Troyo, C. Morales y A. Chinchilla, «La ruta 5G, el camino de Costa Rica hacia las redes IMT-2020,» abril 2021. [En línea]. Available: https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/la_ruta_5g_el_camino_de_costa_rica_hacia_las_redes_imt-2020_v10_1.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [7] SUTEL, «Costa Rica perdería €704 mil millones por falta de decisión para implementar redes 5G,» 10 mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.sutel.go.cr/noticias/comunicados-de-prensa/costa-rica-perdiera-c704-mil-millones-por-falta-de-decision-para>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [8] Comisión de Coordinación para la instalación o Ampliación de Infraestructura de Telecomunicaciones, «Informe de Cumplimiento, Plan de Acción de Infraestructura de Telecomunicaciones,» junio 2021. [En línea]. Available: https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/informe_avance_semestral_pait_2021_junio_2021.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [9] Superintendencia de Telecomunicaciones, «Propuesta de actualización del cronograma de asignación de espectro para el desarrollo de sistemas IMT e IMT-2020 en Costa Rica para el periodo 2021-2025,» 09 junio 2020. [En línea]. Available: https://www.sutel.go.cr/sites/default/files/12_05071-sutel-dgc-2020_actualizacion_cae_2021-2025.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [10] Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, «Índice de brecha digital 2016-2018,» mayo 2019. [En línea]. Available: https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/indice_de_brecha_digital_2016-2018_0.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [11] Universidad de Costa Rica. Programa Sociedad de la Información y el Conocimiento, «Hacia la Sociedad de la Información y el Conocimiento: Informe 2020,» 2020. [En línea]. Available: http://www.prosic.ucr.ac.cr/sites/default/files/recursos/informe_prosic_2020_final_1.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [12] Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones, «Plan Nacional de Desarrollo de las telecomunicaciones,» octubre 2015. [En línea]. Available: https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/pndt-2015-2021_2.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [13] SUTEL, «PROGRAMA #1 Comunidades Conectadas,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.sutel.go.cr/pagina/programa-1-comunidades-conectadas>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [14] SUTEL, «PROGRAMA #2 Hogares Conectados,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.sutel.go.cr/pagina/programa-2-hogares-conectados-0>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [15] SUTEL, «PROGRAMA #3 Centros Públicos Equipados,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.sutel.go.cr/pagina/programa-3-centros-publicos-equipados>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [16] SUTEL, «PROGRAMA #4 Espacios Públicos Conectados,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.sutel.go.cr/pagina/programa-4-espacios-publicos-conectados>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [17] SUTEL, "PROGRAMA 5 Red Educativa del Bicentenario," 2021. [Online]. Available: <https://www.sutel.go.cr/pagina/programa-5-red-educativa-del-bicentenario>. [Accessed Noviembre 2021].
- [18] Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones, «Diagnóstico sector telecomunicaciones: plan nacional de desarrollo de las telecomunicaciones 2022-2027,» 2021. [En línea]. Available: https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/diagnostico_sector_telecomunicaciones_pndt_2022-2027_version_final.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [19] CNN Economía, «Licitación de red 5G en Chile recauda más de 453 millones de dólares,» 17 febrero 2021. [En línea]. Available: https://www.cnnchile.com/economia/licitacion-red-5g-chile-recaudacion_20210217/. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [20] M. Rojas, «5G en Chile: los pasos que se avecinan para la revolución digital que comienza,» 23 noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.latercera.com/laboratoriodecontenidos/noticia/5g-en-chile-los-pasos-que-se-avecinan-para-la-revolucion-digital-que-comienza/W5V7TYIT6FFRDPFMKHZII6TH3Q/>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [21] Forbes Staff, «América Móvil, Telefónica y TIM consiguen principales lotes de licitación 5G en Brasil,» Forbes, 04 noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.forbes.com.mx/negocios-america-movil-telefonica-y-tim-consiguen-principales-lotes-de-licitacion-5g-en-brasil/>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [22] R. Wyrzykowski, «Uruguay, Mobile Network Experience Report,» mayo 2021. [En línea]. Available: <https://www.opensignal.com/reports/2021/05/uruguay/mobile-network-experience>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [23] El País, «Una nueva ola de negocios llegará con la tecnología 5G,» 08 julio 2021. [En línea]. Available: <https://www.elpais.com.uy/negocios/empresas/nueva-ola-negocios-llegara-tecnologia-5g.html>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [24] GSMA, «5G and the 3.3-3.8 GHz Range in Latin America,» noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.gsma.com/spectrum/wp-content/uploads/2020/11/5G-and-3.5-GHz-Range-in-Latam.pdf>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [25] Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, «Estratégia Brasileira Para a Transformação Digital,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/centrais-de-conteudo/comunicados-mcti/estrategia-digital-brasileira/estrategiadigital.pdf>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [26] Uruguay Digital, «Agenda Uruguay Digital 2025,» 22 diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://www.gub.uy/uruguay-digital/comunicacion/publicaciones/agenda-uruguay-digital-2025>. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [27] GSMA, «La Economía Móvil América Latina 2020,» GSM Association, 2020. [En línea]. Available: https://www.gsma.com/mobileeconomy/wp-content/uploads/2020/12/GSMA_MobileEconomy2020_LATAM_Esp.pdf. [Último acceso: Noviembre 2021].
- [28] S. Ziegler, J. Arias Segura, M. Bosio y K. Camacho, «AL MENOS 77 MILLONES DE PERSONAS, SIN ACCESO A INTERNET DE CALIDAD EN ÁREAS RURALES DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE,» 28 octubre 2020. [En línea]. Available: <https://iica.int/es/prensa/noticias/al-menos-77-millones-de-personas-sin-acceso-internet-de-calidad-en-areas-rurales-de>. [Último acceso: Noviembre 2021].