



COLECCIÓN

ASÍ HABLA
EL EXTERNADO

2

DISRUPCIÓN TECNOLÓGICA, TRANSFORMACIÓN DIGITAL Y SOCIEDAD



POLÍTICAS PÚBLICAS Y REGULACIÓN EN LAS TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS

Editores:

Juan Carlos Henao
Santiago A. Tellez Cañas

Coordinadora general de la obra:
Constanza García Chaves

Universidad
Externado
de Colombia

135
Años

JUAN CARLOS
HENAO
SANTIAGO
TELLEZ CAÑAS
Editores

DISRUPCIÓN TECNOLÓGICA,
TRANSFORMACIÓN DIGITAL
Y SOCIEDAD

TOMO II
POLÍTICAS PÚBLICAS Y REGULACIÓN
EN LAS TECNOLOGÍAS DISRUPTIVAS

UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA

Disrupción tecnológica, transformación digital y sociedad. Tomo II, Políticas y públicas y regulación en las tecnologías disruptivas / Carolina Isaza Espinosa [y otros]; Juan Carlos Henao, Santiago Tellez Cañas (eds.).
-- Bogotá : Universidad Externado de Colombia. 2021.

787 páginas ; 24 cm. (Así habla el externado)

Incluye referencias bibliográficas.

ISBN: 9789587905847

1. Tecnologías disruptivas 2. Administración pública -- Innovaciones tecnológicas 3. Innovaciones tecnológicas -- Colombia 4. Desarrollo sostenible -- Innovaciones tecnológicas 5. Colombia -- Administración pública -- Innovaciones tecnológicas I. Henao Pérez, Juan Carlos, 1958- , editor II. Tellez Cañas, Santiago, editor III. Universidad Externado de Colombia IV. Título V. Serie

303.4833 SCDD 21

Catalogación en la fuente -- Universidad Externado de Colombia. Biblioteca. MLV

abril de 2021

ISBN 978-958-790-584-7

© 2021, JUAN CARLOS HENAO Y SANTIAGO TELLEZ CAÑAS (EDITORES)

© 2021, UNIVERSIDAD EXTERNADO DE COLOMBIA

Calle 12 n.º 1-17 Este, Bogotá

Teléfono (57 1) 342 0288

publicaciones@uexternado.edu.co

www.uexternado.edu.co

Primera edición: abril de 2021

Diseño de cubierta: Departamento de Publicaciones

Corrección de estilo: Javier Correa

Composición: Marco Robayo

Impresión y encuadernación: Xpress Estudio Gráfico y Digital S.A.S. - Xpress Kimpres

Tiraje: de 1 a 1.000 ejemplares

Impreso en Colombia

Printed in Colombia

Prohibida la reproducción o cita impresa o electrónica total o parcial de esta obra, sin autorización expresa y por escrito del Departamento de Publicaciones de la Universidad Externado de Colombia. Las opiniones expresadas en esta obra son responsabilidad de los autores.

ANA PAOLA GUTIÉRREZ RICO*

ERICK CAMILO CASTELLANOS REYES**

Blockchain *como una alternativa para llevar
energía eléctrica a las zonas no interconectadas*

*Blockchain as an alternative for powering
up off-the-grid zones with electricity*

RESUMEN

La conectividad a internet reduce brechas sociales y el acceso a avances tecnológicos como *Big Data*, Inteligencia Artificial, *blockchain*, entre otros, permite que como país se aproveche la Cuarta Revolución Industrial (4RI). Sin embargo, gran parte de Colombia carece de energía eléctrica en condiciones adecuadas, en especial en zonas no interconectadas (ZNI). Es urgente solucionar tal situación. Es conveniente promover soluciones innovadoras que puedan ofrecer agentes no centralizados, como los prosumidores, empoderados por tecnología, como *blockchain*, que permiten comercializar excedentes de energía autogenerada. Este artículo estudia si la regulación actual del sector energético impulsa o no eventuales soluciones innovadoras basadas en tecnología de la 4RI para las ZNI.

PALABRAS CLAVE

Blockchain; Energía; Internet; Prosumidor; Democratización; Digitalización; Descentralización.

ABSTRACT

Internet connectivity reduces social gaps. By accessing technological developments such as big data, artificial intelligence, blockchain, etc., the country can benefit from the Fourth Industrial Revolution (4IR). Nonetheless, a part of Colombia, especially in off-the-grid zones, still lacks access to proper electric power. Addressing such problem is urgent. It is convenient to promote innovative solutions that may arise from decentralized agents, such as Prosumers, empowered by technology, such as blockchain, as they may trade self-generated energy that exceeds their consumption needs. This article studies whether the current regulation in the electric sector fosters or not forthcoming innovative solutions to off-the-grid zones, based in technology of the 4IR.

* Candidata a doctora en Ciencias Económicas, Empresariales y Jurídicas. Docente investigadora del Departamento de Derecho Minero Energético. Correo-e: ana.gutierrez@uexternado.edu.co

** LL.M en International Business Law. Docente del Departamento de Derecho de los Negocios. Correo-e: erick.castellanos@uexternado.edu.co

KEYWORDS

Blockchain; Energy; Internet; Prosumer; Democratization; Digitalization. Decentralization.

INTRODUCCIÓN

La situación de gran parte del país, donde se viven los desarrollos de la 4RI, contrasta con el día a día de muchos colombianos que habitan zonas donde no hay servicio de energía eléctrica o su prestación es deficiente. Más de la mitad del territorio está fuera del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las zonas no interconectadas (ZNI) incluyen territorios con altos índices de necesidades básicas insatisfechas. Existen colombianos en situación de pobreza que aún viven en la primera revolución industrial, por lo que es urgente hacer disponibles desarrollos de revoluciones industriales anteriores, en especial en cuanto al acceso a internet y la energía eléctrica.

Para mejorar los niveles de conectividad a internet en beneficio de todo el país, ya se cuenta con un *sandbox* regulatorio que favorece la innovación y complementa las iniciativas orientadas a cerrar las brechas identificadas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC). En efecto, el acceso a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) no solo promueve la materialización de derechos, como se reconoce a nivel legal¹, sino que incide en los niveles de pobreza en el país. MinTIC hizo visible esta correlación entre penetración de internet y los niveles de pobreza monetaria e índice de Gini departamental, concluyendo que “mayor penetración de Internet está correlacionada con menores niveles de pobreza, mayor innovación y menor desigualdad, mientras que mayor velocidad está correlacionada con menor pobreza, y mayor innovación” (MinTIC, 2019). Ante esta necesidad, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) adoptó como parte de su normatividad el Sandbox Regulatorio en materia de telecomunicaciones (Resolución 5080 de 2020). De esta manera, la regulación

1 A nivel regulatorio, por ejemplo desde la Ley 1753 de 2015 se destacó la importancia de fomentar el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones “Con el propósito de garantizar el ejercicio y goce efectivo de los derechos constitucionales a la comunicación, la vida en situaciones de emergencia, la educación, la salud, la seguridad personal, y, el acceso a la información, al conocimiento, la ciencia y a la cultura, así como el de contribuir a la masificación del Gobierno en Línea” (artículo 193).

TIC fomenta la creación de espacios controlados para identificar soluciones innovadoras a problemas tan relevantes como las asociadas a la urgencia de llevar conectividad a internet a todos los colombianos.

Ante este paralelo que se encuentra en el sector TIC, es pertinente analizar si el sector energético cuenta con un panorama regulatorio que favorezca abiertamente la innovación en la implementación de soluciones a las necesidades de las ZNI. Primero, los instrumentos legales y reglamentarios para atender las ZNI tienen una perspectiva tradicional y aún existen enormes brechas por cerrar en materia de conexión energética. Segundo, en el mundo existen diversos casos de implementación de *blockchain* para fomentar la autogeneración de energía y la comercialización de excedentes. Así, los prosumidores (en términos generales, quienes no solo consumen, sino que producen energía eléctrica) han encontrado en *blockchain* un instrumento de la 4RI para usar a su favor la tecnología de registro distribuido de información. Tercero, el enfoque con el que fue incorporada la figura del prosumidor a la regulación energética no contemplaba un panorama dinámico y de crecimiento acelerado como el planteado por la implementación de tecnologías de la 4RI. Por último, el sector energético carece de un Sandbox regulatorio que complemente la perspectiva tradicional y favorezca la innovación para solucionar un problema tan urgente como el de llevar electricidad a las ZNI. En todo caso, recientemente la Misión de Transformación Energética recomendó la implementación de “*areneras para permitir la innovación de productos, modelos de negocio y de servicio*” (Ministerio de Minas y Energía, 2021)².

Bajo este contexto, el presente escrito aborda el siguiente interrogante: ¿La regulación energética actual es un habilitador para que agentes no centralizados, como los prosumidores, implementen soluciones innovadoras basadas en tecnologías de la 4RI, como *blockchain*, para llevar energía eléctrica a las ZNI?

En la primera sección del documento se resalta la importancia de poner la 4RI al servicio de todos los colombianos, incluyendo a quienes hoy no tienen electricidad e internet. En la segunda sección se abordan, de una parte, aspectos regulatorios asociados a las ZNI, los prosumidores y las 5D del sector energético (descarbonización, descentralización, digitalización,

2 Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24265561/Informes+segunda+fase+MTE.pdf/e3811f3c-c4f3-40d3-85e6-664d171c298a>

democratización y desregulación), resaltando que *blockchain* puede impulsar transacciones descentralizadas en las ZNI. En la tercera sección se resalta que el Derecho puede habilitar soluciones innovadoras para solventar las necesidades de las ZNI, profundizando en los aspectos regulatorios planteados en la pregunta problema antes señalada. En las conclusiones se expondrá la posición de los autores, con el propósito de resaltar la importancia de que la regulación se adapte a este panorama dinámico, para solventar las necesidades de las personas que están excluidas de la 4RI debido a que ni siquiera cuentan con una conexión óptima a la energía eléctrica.

En ese orden de ideas, la investigación se acota a la problemática que se presenta en las ZNI. Sin embargo, a partir de cuestionamientos sobre la situación y regulación actual, es posible llegar a conclusiones que no solo involucran a estas zonas, sino presentar argumentos por los cuales se considera posible disminuir o cerrar la brecha social y económica existente en diferentes territorios del país, de tal forma que la regulación impulse la innovación y la tecnología en el sector energético.

I. LA CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL DEBE ESTAR AL SERVICIO DE TODOS, INCLUYENDO A QUIENES NO TIENEN ELECTRICIDAD E INTERNET

I. BLOCKCHAIN, TECNOLOGÍA DE LA 4RI QUE NO DEPENDE DE INTERMEDIARIOS

Blockchain abre el camino a un mundo sin intermediarios y apalanca las 5D del sector energético enunciadas en la introducción y sobre las cuales se profundiza en la sección 2.2 de este documento. Se basa en un sistema criptográfico, cronológico y distribuido (Distributed Ledger Technology), que brinda a las partes la confianza necesaria para concluir transacciones sin necesidad de intermediarios. De hecho, el documento titulado *Bitcoin: a peer-to-peer Electronic Cash System* se fundamentó en la posibilidad de hacer pagos en línea entre las partes interesadas (*peer-to-peer*) sin tener que acudir a una institución financiera (Nakamoto, 2008). Además de fundar las bases de funcionamiento de la famosa criptomoneda, dicho documento hizo visible *blockchain* como la tecnología subyacente que hacía posible este mecanismo de registro distribuido de información. Dado que la información no depende de registros centrales custodiados por intermediarios, *blockchain*

marca un nuevo paradigma que cuestiona el rol protagónico que hoy tienen los intermediarios.

El cambio de paradigma que trae *blockchain* se hace más evidente al recordar que los intermediarios han sido fundamentales para brindar confianza donde normalmente no la habría, haciendo posibles las transacciones sociales. Apoyados en sus registros centralizados, los intermediarios mitigan el problema del doble gasto y permiten, por ejemplo, que se tenga certeza sobre el historial de un inmueble, la identidad de una persona o la cantidad de dinero que se transfiere de una cuenta bancaria a otra. De este modo, gracias a que un agente que custodia un registro centralizado valida la información, se genera la confianza que permite vender el inmueble, confirmar que la persona es quien dice ser, o confiar en que el dinero ha ingresado a la cuenta del vendedor. No obstante, este modelo basado en intermediarios también eleva los costos de transacción, generando así grandes oportunidades de mejora en materia de seguridad y transparencia de la información, e incluso en materia de exclusión financiera (Castellanos, 2018, p. 17).

Blockchain permite tener un registro distribuido de cadenas de transacciones, en el cual la custodia y confiabilidad de la información no depende de un intermediario, sino que todos los nodos de la red tienen la misma información. A estas características de registro distribuido de información (Distributed Ledger Technology) se adicionan herramientas criptográficas y el registro cronológico de las transacciones, agrupándolas en bloques. Para agregar un nuevo bloque al eslabón más reciente de la cadena, los nodos aplican mecanismos de consenso distribuido. Así, se cuenta con una herramienta que plantea nuevos paradigmas de seguridad, transparencia y eficiencia en el manejo de la información. A partir de ella, se abre la posibilidad de que en internet no solo se comparta información, sino que se transfiera valor, razón por la cual *blockchain* es considerada como la segunda era de internet (Tapscott & Tapscott, 2016, p. 254). Esta transferencia de valor, que es evidente en las criptomonedas, tiene un potencial aún mayor, pudiendo abarcar registros inmobiliarios, de votaciones e, incluso, registros asociados a los excedentes de energía generados por un prosumidor.

En efecto, *blockchain* va más allá de las criptomonedas y existen en el país iniciativas concretas que así lo comprueban. En un país aquejado por historial de violencia y despojo de tierras, es relevante que el sector público esté diseñando prototipos que se apoyen en *blockchain* para almacenar registros inmobiliarios (Agencia Nacional de Tierras, 2020). Igualmente, estudiantes

de colegios distritales de Bogotá participaron del primer piloto de votaciones en *blockchain* en el país (Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2018), evidenciando así que la tecnología puede apalancar la transparencia requerida en procesos electorales. Igualmente, en un país que ocupa el puesto 96 en el índice de percepción mundial de la corrupción (International, 2019), es valioso que el Foro Económico Mundial haya adelantado en equipo con la Procuraduría General de la Nación un proyecto de compras públicas que se apoya en *blockchain* para mejorar la transparencia y trazabilidad en la contratación pública (Foro Económico Mundial, 2020). A partir de estas experiencias, el país adoptó la “guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología *blockchain* para el Estado colombiano” (MinTIC, 2021)³.

Es entonces claro el potencial de *blockchain* para brindar soluciones innovadoras a problemáticas sociales del país. Por lo tanto, es importante que el país tenga abierta la posibilidad de emplear alternativas tecnológicas de la 4RI para ser aprovechadas en ZNI. Esta tecnología puede ser especialmente relevante para prosumidores y otros agentes no centralizados, precisamente debido al cambio de paradigma antes mencionado, en el cual no se depende de un intermediario. La sección 2.3 de este documento cita iniciativas implementadas en otras latitudes, en las que *blockchain* ha apalancado la generación de energía eléctrica, confirmando que el uso de esta tecnología es una alternativa latente, que la regulación podría impulsar, para que la 4RI esté al servicio de todos.

2. COLOMBIA HACE PARTE DE UNA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Actualmente, en muchos de los principales centros urbanos del mundo se vive en la Cuarta Revolución Industrial. Es una era de transformación acelerada, en la que la conjunción de diversas tecnologías hace que las líneas entre las esferas física, digital y biológica sean cada vez más difusas (Schwab, 2016). Es una revolución que se apalanca en las conquistas previas de la humanidad. Así, tecnologías 4.0 como *blockchain*, Internet de las Cosas (IoT), Big

3 Disponible en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-Prensa/Noticias/161813:Con-la-guia-de-Blockchain-el-Ministerio-TIC-le-apuesta-a-la-innovacion-publica-a-traves-de-la-transformacion-digital-de-sus-entidades>

Data, Inteligencia Artificial, *Machine Learning* y otras, tienen sus raíces en desarrollos como la energía, la electrónica y las TIC, que son propias de las revoluciones anteriores.

Colombia ahora hace parte de las conversaciones mundiales sobre una revolución industrial, lo cual permite reflexionar acerca del impacto de la tecnología para el individuo, la sociedad y la humanidad. Estar en sintonía con las conversaciones mundiales sobre tecnología permite tener iniciativas en tecnologías emergentes, que resuelven necesidades reales de los colombianos. Como se vio en el numeral 1.1, incluso existen iniciativas públicas que comprueban la utilidad de *blockchain* para resolver problemáticas sociales.

Gracias a las TIC y especialmente a internet, se tiene la posibilidad de conocer sobre la cuarta revolución industrial, apropiarse de sus tecnologías y reflexionar sobre su impacto. Se debe destacar especialmente el papel que cumple internet en la democratización del conocimiento. Esto permite que las autoridades, empresas y universidades en Colombia tengan acceso a información actualizada que les dé la capacidad de generar reflexiones y tomar decisiones que estén a tono con la realidad mundial. También le permite a cualquier adolescente con acceso a internet acceder a la información disponible sobre *Big Data*. Igualmente, habilita el funcionamiento de redes sociales, librerías públicas, blogs y demás plataformas de información, lo cual permite a cualquier ciudadano con acceso a internet aproximarse a conceptos tecnológicos y hacer parte de la conversación mundial. La disponibilidad de información es un instrumento democrático que empodera a los ciudadanos para hacer parte de las discusiones sobre transformaciones que impactan la vida cotidiana. Sin siquiera tener la posibilidad de tener acceso a esa información, no podrá hacerse análisis subsiguientes acerca de su contenido.

Colombia no había llegado a tiempo a las discusiones mundiales sobre el impacto de la tecnología para el individuo, la sociedad y la humanidad. En ninguna de las tres revoluciones industriales anteriores se tuvo la oportunidad de hacer reflexiones oportunas en lo gubernamental, empresarial y menos en el aspecto ciudadano. Por el contrario, históricamente el país ha sido un receptor tardío de los desarrollos tecnológicos que cambiaron el mundo desarrollado. Así, al revisar los antecedentes se observa que, mientras el Reino de la Gran Bretaña se transformaba a partir de la revolución apalancada por el vapor, las reflexiones del virreinato de la Nueva Granada no se centraban en tecnología, sino en la creación de una nueva identidad nacional. Naturalmente, en 1793 era prioritario apropiarse de conceptos asociados a los derechos

y libertades de los ciudadanos. Ocurrió lo mismo con la segunda revolución industrial, pues mientras que en Colombia se impulsaban tecnologías 1.0, en Estados Unidos se transformaba la sociedad a partir de la electricidad y la producción en masa. En efecto, durante la segunda mitad del siglo XIX, en Colombia se promovió el transporte impulsado por vapor para apalancar la navegabilidad del río Magdalena (Viloria De la Hoz, 2016) y el transporte ferroviario (Correa, 2017). En paralelo, Thomas Alva Edison y Nikola Tesla desarrollaban lámparas eléctricas (Oficina de Patentes de los Estados Unidos) y proliferaban los inventos apalancados en la energía eléctrica. Igualmente, en la primera mitad del siglo XX, ciudades como Detroit se transformaban radicalmente alrededor de las industrias, no solo desde la perspectiva de productos y hábitos de consumo, sino a partir de la redefinición de patrones urbanos y sociales (Hooker, 1997).

Desde 1960, y hasta la fecha, la computación y las tecnologías de la información han evolucionado a una velocidad vertiginosa y cambiaron el mundo para siempre. La capacidad de procesamiento evolucionó tal como lo predijo Gordon Moore en 1965; el computador personal no solo se hizo una realidad, sino que ahora es posible llevarlo en un bolsillo; internet transformó el mundo y apalancó la economía digital. Mientras el mundo vivía la tercera revolución industrial, durante el mismo periodo, debido a las circunstancias especiales en Colombia, la atención se dirigió a otros aspectos de construcción social, como el fin del frente nacional; las FARC; la guerra entre carteles; la Constitución política de 1991; las autodefensas; el desplazamiento forzado; los acuerdos de paz. Estas y muchas otras circunstancias históricas se tradujeron en que las preocupaciones por la tecnología fueran tangenciales y rezagadas. Mientras el mundo hablaba de internet, las normas colombianas mantenían un enfoque tradicional de comunicaciones (radio, televisión y telefonía fija). Tal perspectiva de país cambió estructuralmente con la Ley 1341 de 2009, hacia una visión de sociedad de la información apalancada en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC).

Es afortunado que Colombia pueda afrontar la cuarta revolución industrial en un marco que reconoce la neutralidad tecnológica, la convergencia de servicios (Ley 1341 de 2009, modificada por la Ley 1978 de 2019) y la neutralidad de internet (Ley 1450 de 2011). Un país en vía de desarrollo debe abordar la cuarta revolución industrial con un enfoque empático con los conciudadanos que viven circunstancias diferentes a las de los centros urbanos. Hace falta imaginar la vida sin electricidad y sin internet, para

identificar problemáticas reales y locales que la tecnología debería abordar. Dos servicios que se dan por sentados en las zonas urbanas, pero que no son disfrutados en las mismas condiciones en la mitad del territorio.

3. LA MITAD DEL TERRITORIO VIVE EN LA REVOLUCIÓN 1.0

Los ciudadanos que habitan en la mitad del territorio nacional carecen del servicio de energía eléctrica. El territorio energético colombiano se puede dividir en zonas que satisfacen su demanda de energía mediante la oferta del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y las Zonas No Interconectadas (ZNI) (Ley 855 de 2003, art 1)⁴, que se caracterizan porque no tienen acceso al sistema por diversos factores y que van desde su ubicación geográfica y la ausencia de infraestructura hasta aspectos como su biodiversidad. Las ZNI corresponden al 52% del territorio nacional del país al comprender, como lo identifica el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPSE), 17 departamentos, 5 capitales departamentales, 39 cabeceras municipales, 112 municipios, 1.441 localidades.

Sumado a lo anterior, en estos lugares se ubica el 79% de la población rural (Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas, 2020) lo cual, si bien en algunos casos coincide con lugares caracterizados por su extrema pobreza, esto no implica que el 100% de estas zonas se encuentren en esta situación (Banco Interamericano de Desarrollo – BID / Banco Mundial – BM, 2020), toda vez que, a pesar de no estar conectados al SIN, sí existe electrificación en las cabeceras departamentales y municipales de estas zonas⁵, demanda que se satisface por medio de 50 empresas, aproximadamente, prestadoras de servicios de energía (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017).

A continuación se destacan algunas partes del informe mensual de telemetría en ZNI elaborado por el Centro Nacional de Monitoreo (CNM) del IPSE⁶, donde se considera como un elemento valioso para el seguimiento a

4 El artículo 1.º de la Ley 855 de 2003 señala: “Para todos los efectos relacionados con la prestación del servicio público de energía eléctrica se entiende por Zonas No Interconectadas a los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectadas al Sistema Interconectado Nacional, SIN”.

5 A partir de la información que expone el IPSE, se observa que el 96,3% de la generación de energía en estas zonas tiene como fuente el diésel.

6 Para la elaboración de este artículo se tomaron datos de 104 localidades.

la prestación del servicio de energía eléctrica en las ZNI (Centro Nacional de Monitoreo del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectada, enero de 2020), toda vez que reporta la capacidad operativa de generación actualmente instalada en las localidades de las ZNI con telemetría, y en el cual se pueden observar datos como los valores mensuales de potencia máxima mensual, la demanda de energía acumulada mensual, la energía promedio diaria y el promedio de horas diario de prestación del servicio de energía eléctrica⁷.

Para este documento, solo se tomó como muestra cuatro localidades ubicadas en dos departamentos: Antioquia y San Andrés y Providencia, la energía promedio día y el promedio diario de la prestación del servicio.

TABLA 1.
RESUMEN DE LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO
EN LOCALIDADES CON TELEMETRÍA – ENERO 2020

LOCALIDAD	ENERGÍA PROMEDIO DÍA (kWh)	PROMEDIO DIARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO
San Antonio de Padua – Vigía del Fuerte – (Antioquia)	181	4 horas 13 minutos
Vigía del Fuerte (Antioquia)	2.069	8 horas 11 minutos
Providencia (Archipiélago de San Andrés)	31.681	24 horas
San Andrés (San Andrés, Archipiélago de San Andrés)	537.623	24 horas

Fuente: IPSE - Centro Nacional de Monitoreo - CNM: Informe mensual de telemetría en ZNI. Enero 2020.

Esta información y la definición regulatoria de las ZNI permite aclarar un punto frente al que suele generalizarse y es que, así como se observa, el hecho de que una zona sea catalogada como no interconectada, no necesariamente refleja la situación diaria de personas que carecen del servicio de energía eléctrica. La definición regulatoria de ZNI tiene como objetivo identificar las zonas elegibles para acceder a programas estatales como el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales Interconectadas (FAER)

7 El informe reporta datos de 104 localidades ubicadas en los departamentos de Amazonas, Antioquia, Chocó, Caquetá, Vichada, San Andrés y Providencia, Cauca, Casanare, Bolívar, Guainía, Guaviare, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Putumayo y Valle del Cauca.

y el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas Rurales no Interconectadas (FAZNI)⁸, sobre los cuales se profundizará más adelante.

En todo caso, la definición de ZNI sigue siendo legal y en ese sentido, a raíz de esto, se tienen zonas del país que, si bien no se clasifican dentro este concepto, no tienen una cobertura del 100% por medio del SIN en algunos municipios y zonas rurales. A manera de ejemplo, se expone la situación de varios municipios en el departamento del Tolima, entidad territorial que no tiene reconocidas ZNI, como es el caso de Ambalema, al norte de este departamento, en donde según información de la gobernación, el servicio de energía solo tiene cobertura del 90,85% (Gómez Zambrano y Gutiérrez Rico, 2014). En ese orden de ideas, llama la atención el 9,15% que no se considera una ZNI pero no tiene acceso a energía desde el SIN. Esta situación hace que los habitantes de estas zonas estén en una situación desfavorable porque no tienen energía, ni su zona se puede beneficiar de los programas estatales.

Por otra parte, en Colombia hay más celulares que personas, pero la mitad de la población carece de conectividad a internet. En efecto, el país cuenta con 48,2 millones de habitantes (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2018) y existen 65,1 millones de líneas de telefonía móvil, de las cuales solo el 22% corresponde a suscripciones pospago (Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones [MinTIC], 2020). En su reporte de octubre de 2019, la Organización Para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) señaló que, pese a los avances recientes, Colombia tiene la penetración de banda ancha más baja de los países de la OCDE, con 52 suscripciones móviles y 13 fijas por cada 100 habitantes (mientras el promedio de la OCDE es de 110 y 31 suscripciones, respectivamente, por cada 100 habitantes) (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2019).

No tener conectividad a internet impacta negativamente la calidad de vida de quien lo sufre y aumenta la desigualdad frente a quien sí tiene estas oportunidades. Frente a lo primero, basta con resaltar que la falta de acceso a las TIC afecta la efectividad de diversos derechos constitucionales. Así lo reseña expresamente la Ley 1753 de 2019 al señalar que se requiere fomentar el despliegue de infraestructura de telecomunicaciones para promover los derechos “a la comunicación, la vida en situaciones de emergencia, la educación, la salud, la seguridad personal, y el acceso a la información, al

8 Son fondos de apoyo financiero para contribuir a la universalización de servicios públicos.

conocimiento, la ciencia y a la cultura” (Ley 1753, art. 193, 2015). Frente a lo segundo, las bases del Plan Nacional de Desarrollo más reciente ponen en evidencia que los sectores más vulnerables son los que menor conectividad tienen, señalando lo siguiente: “Actualmente, 18 departamentos se encuentran por debajo del promedio nacional de suscriptores de internet fijo por cada 100 habitantes, y los estratos 1, 2 y 3 tienen penetración de internet en hogares por debajo del 50%, mientras que los estratos 4, 5 y 6 superan a estos por más de 30 puntos porcentuales” (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019). Como país, resulta fundamental cerrar esa brecha digital para asegurar la efectividad de derechos de los colombianos más alejados y abrir las posibilidades de la cuarta revolución industrial para todos.

Finalmente, las particularidades geográficas y demográficas de las zonas rurales generan dificultades comunes en materia de energía y conectividad a internet. Frente a esto se presentan problemas para llevar servicios a la ruralidad utilizando redes cableadas, dadas las amplias distancias para cubrir y la topografía variada a la que se enfrentan los prestadores. Por ejemplo, en materia de telecomunicaciones es usual acudir a conexiones inalámbricas, bien sea de microondas o incluso satelitales, lo cual incrementa los costos de instalación y operación. En el caso del acceso a la energía, ocurre algo similar, porque ha sido a través de la incorporación de fuentes no convencionales de energía, particularmente las de carácter renovable, como soluciones solares, eólicas, o pequeñas centrales hidroeléctricas, que se ha logrado garantizar la obtención de energía en estas zonas. En cuanto a las características de ubicación de la población, el DANE reveló que gran parte de la población colombiana se concentra en cabeceras municipales, mientras que el 15,8% habita en el territorio rural disperso y el 7,1%, en centros poblados (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2018). No es sorpresa que las mayores necesidades de cobertura se presenten en estas últimas zonas, dada la magnitud del territorio por cubrir y la dispersión de población por atender.

4. QUIENES HOY NO TIENEN CONECTIVIDAD ÓPTIMA A ELECTRICIDAD O INTERNET TAMBIÉN DEBERÍAN HACER PARTE DE LA 4RI

Es urgente que el país adopte medidas que les permitan a los habitantes más vulnerables del país pasar de no tener energía o tenerla de baja calidad (revolución 2.0) a tener internet (revolución 3.0) y hacerlos partícipes de

la 4RI. Para esto no es necesario pasar secuencialmente por cada una de las tecnologías que caracterizaron cada revolución industrial, pues esto solo acrecentaría las brechas sociales y regionales ya existentes. La telefonía en zonas rurales ha ilustrado ese salto tecnológico. Históricamente, primero se consolidó la telefonía cableada para luego evolucionar a la telefonía móvil en la última década del siglo xx. Sin embargo, en zonas donde no existía telefonía cableada y luego se hace disponible la telefonía móvil, los habitantes adoptan esta última, aprovechando sus beneficios que, como se expuso antes, van más allá de las comunicaciones e impactan la vida de las personas. Un caso icónico se presenta en Kenia, donde la telefonía móvil sirvió de plataforma para la inclusión financiera, fundamentalmente impulsada por la empresa M-Pesa, que es usada en el 96% de los hogares. Se estima que la implementación de esta solución de “dinero móvil” ha sacado de la pobreza a 2% de los hogares, ha generado nuevos hábitos financieros y estos han beneficiado especialmente a la mujer (Jack & Suri, 2016).

Para cerrar estas brechas en la prestación de servicios, el Estado ha adoptado medidas orientadas a la prestación del servicio universal. En materia de telecomunicaciones, dado el marco de libre competencia previsto en la Ley 1341 de 2009 (art. 2.º, num. 2), los proveedores están en libertad de determinar las zonas de cobertura. Por esto, en el marco de los procesos de asignación de espectro, el Estado ha exigido que los proveedores presten el servicio en zonas determinadas como parte de la contraprestación por el uso de este recurso. Así, las llamadas “obligaciones de hacer” han sido un instrumento efectivo del Estado para asegurar que los proveedores presten el servicio en zonas donde el mercado no los llevaría. La localidad de Sumapaz en Bogotá ilustra la situación, pues es frecuente olvidar que el 75% del territorio de la capital del país es rural y que las dificultades de conectividad no son situaciones aisladas. Sumapaz se caracteriza por la amplia extensión del terreno, la dispersión poblacional y condiciones geográficas particulares, que reflejan la situación de un territorio rural. Esto hace que la prestación del servicio sea difícil y usualmente se deba acudir a tecnología satelital, por lo que no es un foco prioritario para el mercado. Hasta hace unos años solo un proveedor atendía uno de los centros poblados, y el Ministerio tuvo que imponer obligaciones de hacer, para que diferentes proveedores llevaran cobertura a otros puntos de Sumapaz, generando un avance en términos de conectividad. Este instrumento es útil para llevar internet a las zonas apartadas y vulnerables del país. Con la reciente subasta de la banda de

700 MHz, MinTIC impuso obligaciones a los adjudicatarios de los permisos de uso de espectro, que deberán prestar el servicio a 3.658 localidades que actualmente no cuentan con conectividad a internet (MinTIC, 2020). La anterior solución basada en las obligaciones de hacer es una alternativa que puede ser estudiada a la luz de las particularidades del sector energético, para formular soluciones innovadoras a ser replicadas en beneficio de zonas aisladas o en ZNI.

En suma, establecer el proceso de una revolución tecnológica como un proceso lineal es poco realista, así se debe entender que los países, e inclusive algunas ciudades dentro de un mismo país, pueden estar en diferentes escalones de su desarrollo tecnológico y pueden subir un peldaño o más cambiando sustancialmente de posición en la escalera del desarrollo tecnológico sin ser necesario pasar por el escalón anterior. Tal como lo señala el documento Conpes de transformación digital e Inteligencia Artificial, es fundamental que “Colombia pueda aprovechar las oportunidades y enfrentar los retos relacionados con la 4RI” ((Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2019)). Por lo tanto, es fundamental que se generen las condiciones para que los territorios que hoy no tienen conectividad adecuada a internet y energía eléctrica no solo tengan acceso a ellos, sino que por esta vía se acerquen a la 4RI.

II. CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL APALANCANDO NUEVOS MODELOS ENERGÉTICOS

I. ENERGÍA ELÉCTRICA BAJO UNA PERSPECTIVA TRADICIONAL

Previamente se señaló que existen unos fondos especiales en el orden nacional para el sector eléctrico, los cuales tienen sus ingresos definidos en la legislación. A continuación, con el propósito de tener un panorama de los fondos destinados a ofrecer un apoyo financiero para contribuir a la universalización de servicios públicos, no se hará referencia a los que han sido creados para la expansión del servicio de energía eléctrica en el SIN, sino particularmente a dos que están enfocados en apoyar la conexión de ZNI. Es preciso resaltar, como se anunció previamente, que la categoría de ZNI también incide en la posibilidad de acceder a los programas, beneficios y fondos destinados

para estas zonas, lo cual en casos como los que se identificaron incide en el aumento de la brecha social y económica.

– FONDO DE APOYO FINANCIERO
PARA LA ENERGIZACIÓN DE LAS ZONAS
RURALES INTERCONECTADAS (FAER)

Este fondo fue creado por medio de la Ley 788 de 2002 (artículo 105) y reglamentado por el Decreto 1122 de 2008, con la finalidad de permitir que los entes territoriales, con el apoyo de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en la zona de influencia, hagan el papel de gestores de planes, programas y proyectos de inversión para la construcción e instalación de nueva infraestructura eléctrica. Este fondo tiene como su principal función ampliar la cobertura y procurar la satisfacción de la demanda de energía en las zonas rurales interconectadas, en concordancia con los planes de ampliación de cobertura que estructuran los operadores de red, los cuales deben contar con la viabilidad de la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Con la expedición del Decreto 1073 de 2015 se dispuso que las zonas rurales que pueden beneficiarse con los recursos del FAER deben pertenecer a áreas geográficas atendidas por operadores de red del Sistema Interconectado Nacional, y la Ley 1753 de 2015 dispuso que desde del primero de enero de 2016 el FAER recibiría los recursos que recaude el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC), correspondientes a dos pesos con diez centavos (\$2,10) por kilovatio hora transportado.

En suma, se espera que las entidades territoriales cuenten con una participación más activa de los respectivos operadores de red que se vea reflejada en los planes, programas o proyectos que hacen parte de los Planes de Desarrollo Territoriales, con el fin de lograr la universalización del servicio de suministro de energía eléctrica.

– FONDO DE APOYO FINANCIERO
PARA LA ENERGIZACIÓN DE LAS ZONAS
NO INTERCONECTADAS (FAZNI)

Con la Ley 633 del 2000 se creó el Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas, con una vigencia a 31 de diciembre de 2007; la Ley 855 de 2003 definió las localidades que se consideran Zonas

No Interconectadas y estableció las prioridades en la asignación de los recursos del FAZNI. Posteriormente, con la expedición de la Ley 1099 de 2006 se prorrogó su vigencia hasta 31 de diciembre de 2014 con la Ley 1753 de 2015 con la que se dispuso que el FAZNI desde el primero de enero de 2016 recibiría los recursos que recaudara el Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales (ASIC) correspondientes a un peso con noventa centavos (\$1,90) por kilovatio hora despachado en la Bolsa de Energía Mayorista, de los cuales cuarenta centavos (\$0,40) serán destinados para financiar el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) de que trata el artículo 10.º de la Ley 1715 de 2014 Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE), creado en el artículo 10.º de la Ley 1715 de 2014^[9].

La administración del FAZNI está en cabeza del Ministerio de Minas y Energía y tiene como finalidad financiar planes, programas y proyectos de inversión en infraestructura energética en las Zonas No Interconectadas (ZNI), de acuerdo con la ley y con las políticas (Documentos Conpes 3108 de 2001 y 3453 de 2006) de energización para estas zonas. Los manejos de los recursos de estos fondos están a cargo del Ministerio de Hacienda y Crédito Público y los mismos se considerarán inversión social, en los términos de la Constitución Política y normas orgánicas de presupuesto (Ley 1753 de 2015).

Con la expedición del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Ley 1955 de 2019 se prorrogó la vigencia de estos “fondos eléctricos” hasta el 31 de diciembre de 2030 y se señaló que para prestar los servicios públicos domiciliarios de energía eléctrica ZNI se podrán utilizar los recursos provenientes del FAER y FAZNI (Ley 1955, 2019).

En todo caso, se puede considerar que si bien existen fondos que apoyan la prestación del servicio de energía eléctrica en las ZNI, se identifican desafíos de diferente índole al momento de proponer un esquema diferente al modelo tradicional de mercado de energía, particularmente ante la eventual aplicación de un modelo disruptivo en estas zonas con el que se deben contemplar factores como la no regulación de precios así como la presencia

9 Asimismo, ese artículo señala que los recursos del fondo podrán financiar parcial o totalmente programas y proyectos dirigidos al sector residencial de estratos 1, 2 y 3, tanto para la implementación de soluciones de autogeneración a pequeña escala como para la mejora de eficiencia energética. También dispone financiar estudios y auditorías energéticas, adecuaciones locativas, disposición final de equipos sustituidos y costos de administración e interventoría de los programas y proyectos.

de un ente central o gestor encargado de la distribución y comercialización del energía, las transacciones sin intermediarios, la figura del consumidor y productor en una misma persona, entre otras.

Las condiciones actuales de las ZNI pueden aumentar la complejidad del ejercicio de seguimiento, la trazabilidad, el registro y la gestión del equilibrio de la energía generada, almacenada y consumida de estas zonas. En todo caso, a partir de experiencias tecnológicas implementadas en otras latitudes (como se describe en la sección 2.3 de este documento), podrían surgir modelos basado en *blockchain*, que permitan, no solo beneficiar a la localidad, sino permitir que los excedentes de una ZNI se transfirieran a otra zona por medio de una red privada o semiprivada, estableciendo una relación comercial entre estas dos zonas.

Planteado lo anterior, no se pretende desconocer la regulación vigente, las particularidades de áreas de servicio exclusivo (AES) en las ZNI o que este modelo deberá ser objeto de monitoreo y control efectivo, particularmente en cuanto a los precios asociados a la prestación de los servicios de energía¹⁰. Es relevante que se preste un servicio eficiente y eficaz, sumado a esto que su precio no resulte demasiado elevado. Simplemente, como referencia, se debe recordar que, de acuerdo con la CREG, las fórmulas tarifarias se regulan según los siguientes factores: (1) los costos unitarios asociados con la generación, comercialización y distribución y (2) los costos de inversión, administración, operación y mantenimiento. En el caso de las ZNI, se establecen las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, así como las fórmulas tarifarias generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas¹¹.

En ese orden de ideas, si bien se desataca el rol de la innovación en la transformación del sector eléctrico, de la revisión de la normatividad vigente se encuentran barreras para el éxito de algunos pilotos basados en tecnologías disruptivas. A manera de ejemplo: el intercambio de energía entre pares en el que se usa *blockchain* en donde se parte de la idea de que todos los actores

10 Remuneración de las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica.

11 Resolución CREG 091 de 2007. Modificada por la Resolución 97 de 2009, modificada por la Resolución 74 de 2009, modificada por la Resolución 57 de 2009, modificada por la Resolución 161 de 2008 aclarada por la Resolución 179 de 2008.

están en el mismo nivel y se dan nuevas formas de interactuar en la red. Por eso, la propuesta de un *sandbox* regulatorio, al ser un mecanismo ágil e innovador, tiene el potencial para mejorar el proceso regulatorio en el sector eléctrico y ayudar a incentivar pilotos para bienes y servicios (Gutiérrez Rico y España Forero, 2019).

2. LAS 5D DEL SECTOR ENERGÉTICO, EL PROSUMIDOR Y LAS TRANSACCIONES PEER-TO-PEER

El desarrollo del sector y la transición energética han traído la ruptura de dogmas en el sector energético, y estas fracturas van de la mano de cinco tendencias del sector, conocidas como las 5D: “la *descarbonización*, bajo la cual los sistemas modernos son diseñados para disminuir su contribución al cambio climático y mejorar su resiliencia (Williams, y otros, 2012); la *descentralización*, caracterizada por la integración de recursos energéticos distribuidos de generación y almacenamiento, que acercan el consumo a la fuente, permiten una mayor eficiencia y confiabilidad del sistema (Alanne & Saari, 2006; Mengelkamp *et al.*, 2018); la *digitalización*, dada por las tecnologías de información que permiten nuevas formas de interacción entre agentes tanto nuevos como establecidos (Kagermann, 2015), la *democratización*, permitiendo mayor acceso, poder de decisión y conocimiento por parte de los usuarios de energía (Hufen & Koppenjan, 2015), y la *desregularización*, refiriéndose a la liberalización del mercado y la definición de nuevas estructuras de gobernanza, abriendo las puertas a nuevos agentes y modelos de negocio (Goldthau, 2014)”. (Gutiérrez Rico y España Forero, 2019).

Con base en las 5D se genera un nuevo paradigma de redes energéticas más abiertas y descentralizadas, donde el rol del *prosumidor* resulta fundamental. Este nuevo paradigma se traduce en redes de energía que buscan habilitar la integración de recursos de energía distribuida (*distributed energy resources* o *DER*) y permitir a los consumidores comprar y vender electricidad (Wang, Taha, Wang, Kvaternik & Hahn, 2019). De esta forma, el prosumidor no solo puede programar su demanda de manera flexible o permitir que se monitoree su uso de energía, sino que tiene la posibilidad de controlar su consumo, producción y almacenamiento. Apoyado en las TIC, puede interactuar de manera directa (*peer-to-peer*), sin acudir a intermediarios. La comercialización *peer-to-peer* se define como “un mecanismo de manejo

de energía de nueva generación para la red inteligente, que permite a los consumidores de la red participar de manera independiente en la comercialización de energía con otros prosumidores de la red” (Tushar *et al.*, 2019)

Las 5D, el rol del prosumidor y las transacciones *peer-to-peer* marcan un paradigma favorable para que los colombianos que habitan en las ZNI den el salto a la cuarta revolución industrial. En efecto, si un prosumidor de un área rural hace uso de energías renovables, no solo satisface necesidades básicas de acceso a energía, sino que además facilita el acceso a otros servicios, como internet. Teniendo en cuenta que las *blockchain* han impulsado estructuras de comercialización de energía *peer-to-peer* (Tushar *et al.*, 2019), es necesario explorar esta tecnología para identificar formas novedosas para llevar energía a los no conectados. No obstante, no puede desconocerse las implicaciones de nuevos mercado y nuevos agentes en el mercado eléctrico colombiano (Moreno Castillo y Gutiérrez Rico, 2019).

3. BLOCKCHAIN IMPULSA TRANSACCIONES PEER-TO-PEER EN ZNI

Al replantear el rol de los intermediarios y sus registros centralizados y habilitar las transacciones *peer-to-peer*, *blockchain* tiene el potencial de apalancar la revolución energética y las 5D para acelerar la transición energética. Lo anterior se fundamenta en que, al distribuir la información en múltiples nodos (DLT), *blockchain* impulsa la *descentralización*, *democratiza* la información y la deja al alcance del prosumidor y de los múltiples agentes que lleguen a intervenir en nuevos modelos energéticos. Esto evidencia un panorama fáctico y tecnológico diferente al paradigma de centralización con el que se construyeron ciertas reglas normativas, por lo que *blockchain* refuerza el llamado a la *desregulación*. Con todo lo anterior, un prosumidor puede conectar los paneles solares que instale en su vivienda a sistemas basados en *blockchain*, apalancando así la *descarbonización*. Finalmente, la *digitalización* de la información en el sector energético puede ser llevada a un mayor nivel de transparencia y auditabilidad con *blockchain*.

Blockchain impulsa las transacciones *peer-to-peer* en el sector energético al registrar la información asociada a la autogeneración y las transacciones asociadas. Al combinarse con otras tecnologías de la cuarta revolución industrial, como los dispositivos de internet de las cosas (IoT), se puede registrar en una *blockchain* la información relevante para tranzar energía.

Así, es posible registrar la cantidad de energía que genera el panel solar, turbina eólica o cualquier tecnología de generación, cuánta se almacena, qué capacidad de excedentes se tiene, cuáles son las horas de mayor demanda, entre otras. Para el efecto, son útiles el uso de elementos como los contadores inteligentes, las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a internet, las baterías de litio con módulos de gestión inteligente o los edificios con sistemas de control remoto. Tales instrumentos permiten dotar al sistema eléctrico de importantes mejoras y flexibilidad. El gran reto de este nuevo concepto reside en la capacidad de gestión de los activos disponibles, las tipologías y los acuerdos establecidos entre las distintas partes. Las transformaciones cambian los esquemas tradicionales en toda la cadena de valor, por lo que ya se han establecido proyectos basados en *blockchain*, que imprimen flexibilidad a los modelos tradicionales (Preukschat, 2017).

Ante esta realidad tecnológica el mercado ha generado plataformas que habilitan a los prosumidores para hacer transacciones *peer-to-peer* de energía. En Nueva York el uso de paneles solares sirvió de base para *brooklin microgrid*, que es un mercado de energía generada localmente, apalancado en el uso de *blockchain* (Brooklyn Microgrid, 2019). Otras iniciativas similares apalancadas en *blockchain* son adelantadas por compañías como Power Ledger. Esta compañía adelanta un proyecto piloto para probar la tecnología en India, que podrá brindar la base para evaluar ajustes regulatorios que impulsen las transacciones *peer-to-peer* (Power Ledger, s.f.). Es entonces claro que las tecnologías 4.0 no son de uso exclusivo de mercados maduros y desarrollados, como ocurre en Nueva York, sino que la tecnología puede ser probada como alternativa en los países en vía de desarrollo.

En Colombia, actualmente, investigadores de la Universidad Externado de Colombia trabajan en un piloto de energía *peer-to-peer*, específicamente en Medellín, liderado por investigadores de University College London (UCL) y la Universidad EIA, conjuntamente con Empresas Públicas de Medellín (EPM), el cual incluye el desarrollo de una aplicación móvil que les permitirá a las personas transar energía entre ellas (Ortega y España). Esta iniciativa no solo va enfocada a la generación de energía más limpia, sino que resalta la humanización del derecho de la energía, al centrar la atención en el usuario y en la figura del prosumidor, que tiene la posibilidad de producir la energía que consume y vender los excedentes por medio de la red eléctrica. Además de ser la única experiencia latinoamericana que participa en el Observatorio Global en Mercados de Energía Peer-to-Peer de la Agencia Internacional de Energía.

Ahora, teniendo en cuenta las experiencias internacionales y nacionales identificadas, se considera que algunas zonas no interconectadas cumplen con las condiciones y son el escenario más propicio para dar un salto hacia nuevos modelos de negocio de energía, que se caractericen por la descentralización y las transacciones *peer-to-peer* en contraste con el Sistema Interconectado Nacional (SIN) basado en modelos centralizados en los cuales se han identificado barreras de entrada en varias actividades de la cadena (Moreno Castillo y Gutiérrez Rico, 2019), haciendo que una migración sustancial hacia modelos DER se haga viable de manera paulatina y diferida en el tiempo.

Los cerca de 1.900.000 habitantes de las ZNI (Superintendencia de Servicios Públicos, 2017) no parten de este preconcepción de centralización, ya que sus condiciones de acceso a la electricidad son alternativas por definición. Este mismo análisis se hace en países como Suráfrica, donde se prevé una migración natural hacia soluciones distribuidas de energía en las zonas más vulnerables, pudiendo apoyarse en *blockchain* para el efecto (Wolfgang Thurner, 2019).

De esta forma, el estado del arte confirma que es posible el desarrollo e implementación de redes de generación y distribución ajenas al sistema interconectado nacional. Con el empleo de *blockchain* se desplaza o redefine el rol de los intermediarios, lo cual puede reducir los costos, acelerar los procesos y generar una mayor flexibilidad en todo el sistema. En ese orden de ideas, se puede promover un sistema energético sistémicamente más eficiente, eficaz, flexible y descentralizado. Por consiguiente, las autoridades, empresas, organizaciones y comunidades deben contemplar la implementación de soluciones basadas en *blockchain* para atender las necesidades de las Zonas No Interconectadas, para lo cual se debe partir de la legislación actual y revisar las barreras de acceso.

III. EL DERECHO COMO HABILITADOR DE NUEVAS SOLUCIONES

I. BLOCKCHAIN EN ZONAS SIN ELECTRICIDAD E INTERNET

Conectarse a internet requiere conexión a energía eléctrica. Es necesaria para que funcionen los equipos terminales (celulares, computadores, tabletas, entre otros). Igualmente, es un insumo fundamental para la operación de las estaciones mediante las cuales los proveedores de redes y servicios de

telecomunicaciones irradian servicio a las zonas de influencia. De hecho, en algunas zonas rurales que carecen de acceso a electricidad los proveedores acuden a paneles solares o plantas eléctricas para que sus equipos reciban conexión satelital y puedan brindar servicio a los habitantes de la zona. Ante este panorama, parecería cuestionable la posibilidad de llevar energía a zonas no interconectadas, apoyados en *blockchain* como herramienta basada en internet.

No obstante, este problema es apenas aparente. El estado del arte de la tecnología permite generar soluciones innovadoras, inalámbricas y eficientes ante esta paradoja. De hecho, existen iniciativas como las anunciadas por Bitlumens, en la que se anuncia como una solución descentralizada de micro redes de generación de energía, basada en *blockchain*, enfocada en “1.200 millones de personas sin acceso a la electricidad y al sistema financiero” (Bitlumens, 2018). Esto último confirma que las soluciones empresariales y sociales abordan aspectos que no son atendidos desde una perspectiva sectorial tradicional, de manera que fomentan la innovación y generan mayores alternativas de solución. En efecto, en este caso se contempla la recopilación del historial crediticio de los habitantes de las zonas no interconectadas y, dado el uso de energía solar, prevé la posibilidad de que estos sean emisores de bonos de carbono (Bitlumens, 2018). Es más, los problemas de conectividad a internet se abordan de diversas formas, como las que se han implementado en islas y zonas apartadas, como en el archipiélago Kvarken en el Mar Báltico, India y Perú, entre otras, donde se han utilizado infraestructuras basadas en las redes móviles o en internet satelital (Björk & Westö, 2014). En Colombia, las obligaciones de hacer derivadas de la subasta de espectro de 700 MHz (ver numeral 1.3) prometen llevar mayor conectividad a los territorios y conectar a los no conectados.

Luego de confirmar que *blockchain* es útil para llevar energía e internet a zonas no atendidas, surgen múltiples retos para la consolidación de nuevos modelos energéticos. Estos son apenas naturales e inherentes a una revolución, en este caso la que enfrenta el sector energético. De hecho, si existieran soluciones únicas y reglas inamovibles, no habría lugar para la innovación. Por ejemplo, en: 1. Las dificultades de escalabilidad y alcance que enfrenta la energía generada por el prosumidor y el tamaño de las micro redes de energía distribuida. Dadas sus características de microproducción y dispersión, es difícil lograr economías de escala. Ante esta dificultad, los sectores empresarial y académico exploran alternativas para lograr soluciones

que fomenten la coordinación entre actores que tienen diversos modelos de operación e incentivos de producción. 2. Se plantea la posibilidad de combinar la operación de las plantas energéticas virtuales (*virtual power plants*) y la producción *peer-to-peer*, para generar un concepto federado que permita capturar los beneficios de ambas (Morstyn, Farrell, Darby & McCulloch, 2018).

Este par de ejemplos confirman que los problemas tecnológicos o de negocio tienen vocación de ser solucionados para hacer viable un proyecto energético. Si bien, resolver estas dos categorías de retos ocupa la mayor parte de los aspectos estructurales de un proyecto de operación de micro-redes de energía basadas en *blockchain*, como se observa a continuación, solo uno de los siete componentes clave para el funcionamiento eficiente de tales mercados de energía tienen un enfoque regulatorio. No obstante, uno o varios de los componentes puede obstaculizar un proyecto que ya tenga resueltos los otros elementos. Los componentes que identifican Mengelkamp *et al.* (2018) son los siguientes: (i) Establecimiento de la red; identifica, por ejemplo, sus participantes, objetivos y demás características. (ii) Conexión de la red; define los flujos de energía y la unión física o virtual de sus participantes. (iii) Definición del sistema de información para conectar a los participantes del sistema. (iv) Establecer el mecanismo de mercado, el cual determina las reglas de juego y se implementa en el sistema de información. (v) Mecanismo de precios, para hacer una asignación eficiente de oferta y demanda, con base en el mecanismo del mercado. (vi) Sistema de administración de transacciones de energía (Energy Management Trading System, EMTS), que asegure el suministro. (vii) El marco legal y regulatorio, que puede promover la generación de micro redes y su interacción con el sistema interconectado (por ejemplo, promoviendo iniciativas *peer-to-peer*) o desincentivarlas, para proteger el sistema tradicional. Los autores en mención destacan que este último es el componente más importante para los proyectos de aplicación práctica.

Esto significa que la regulación podría ser un obstáculo en la implementación de soluciones innovadoras que solucionen la problemática de los habitantes de las ZNI. Paradójicamente, la experimentación e implementación de soluciones podrían remover los impedimentos de carácter tecnológico que puedan anticiparse. De hecho, la historia ha comprobado que el ser humano alcanza soluciones que en algún punto parecían imposibles. Basta con referirnos al caso de *blockchain* y su antecedente más renombrado,

pues la solución planteada por Satoshi Nakamoto al problema del doble gasto en pagos electrónicos no solo resultó innovadora, sino que alcanzó la fama precisamente por la dificultad del problema que enfrentaba. Por lo tanto, sea cual fuere el obstáculo técnico o los inconvenientes asociados a la sostenibilidad de un modelo de negocio, existe la expectativa de que llegue el momento para que los mismos se solucionen. Por esto, insistimos en la pregunta planteada en la introducción: ¿La regulación energética actual es un habilitador para que agentes no centralizados, como los prosumidores, implementen soluciones innovadoras basadas en tecnologías de la 4RI, como *blockchain*, para llevar energía eléctrica a las ZNI?

2. REGULACIÓN CON EL PODER DE HABILITAR O FRENAR LA INNOVACIÓN

En Colombia, la Ley 142 de 1994 en sus definiciones señala que el servicio público domiciliario de energía eléctrica comprende “el transporte de energía eléctrica desde las redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición. También se aplicará esta ley a las actividades complementarias de generación, de comercialización, de transformación, interconexión y transmisión” (Ley 142 de 1994 Artículo 14 Num 14.25). Además, define los sujetos que pueden prestar el servicio público domiciliario de energía eléctrica y realizar sus actividades complementarias. Allí no solo se incluyen las empresas de servicios públicos y los municipios (según lo señalado en tal norma), sino también “Las personas naturales o jurídicas que produzcan para ellas mismas, o como consecuencia o complemento de su actividad principal, los bienes y servicios propios del objeto de las empresas de servicios públicos.” (Ley 142 de 1994 Artículo 15 Num 15.2). Igualmente, “Las organizaciones autorizadas conforme a esta ley para prestar servicios públicos en municipios menores en zonas rurales y en áreas o zonas urbanas específicas” (Ley 142 de 1994 Art 15 Num. 15.4).

La generación de energía eléctrica se define como una actividad complementaria del servicio público de energía eléctrica. La Ley 143 del 1994 la concibe como una de las distintas actividades del sector eléctrico, con independencia de las fuentes que se utilicen, sean estas convencionales o no convencionales, renovables o no renovables. Sumado a lo anterior, con el artículo 71 de la Ley Eléctrica (Ley 143 de 1995 Art 71), queda claro que le corresponde al gobierno nacional ejecutar directamente o por terceros las

actividades de generación, transmisión y distribución de energía en las ZNI. Una versión anterior del artículo 74 de esta ley impedía que las empresas que hicieran parte del SIN tuviesen más de una de las actividades relacionadas con el mismo, con excepción de la comercialización, que se podía hacer en forma combinada con una de las actividades de generación y distribución. En ese sentido, las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica ubicadas en ZNI sí podían participar de las actividades de generación, distribución y comercialización sin esa limitación. Sin embargo, este artículo fue sustituido por el artículo 298 de la Ley 1955 de 2019, y actualmente las empresas de servicios públicos domiciliarios que tengan por objeto la prestación del servicio público de energía eléctrica y que hagan parte del Sistema Interconectado Nacional y las prestadoras del servicio de energía eléctrica ubicadas en ZNI podrán desarrollar las actividades de generación, distribución y comercialización de energía de manera integrada (Ley 1955 de 2019 Art 298).

Con la Resolución CREG 084 de 1996 se reglamentaron las actividades del autogenerador conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y se permitió que un tercero fuera propietario de activos de generación y esto dio lugar a la reglamentación de excedentes de energía. Con la expedición de la Ley 1715 de 2014, se fijó un marco de rango legal relativo a “la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional”. Posteriormente, la Resolución de la CREG 030 de 2018^[12] reguló las actividades de generación a pequeña escala y generación distribuida y definió las reglas que permiten a los usuarios conectarse al Operador de Red (OR) como autogeneradores o generadores distribuidos, generando con fuentes renovables y no renovables de energía. Dicha norma aborda los mecanismos de comercialización de excedentes de energía, la autogeneración a pequeña escala y la generación distribuida, así como los parámetros para su integración al sistema eléctrico.

Expuesto lo anterior, lo más novedoso de esta resolución no es la posibilidad de que el usuario genere su propia energía (porque, como se puede observar del recuento normativo, esta posibilidad ya estaba), sino que se hace viable que los usuarios reduzcan su consumo al producir su propia energía, lo cual se verá reflejado en el pago del servicio público de energía eléctrica,

12 “Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional”.

y los excedentes los podrá vender al sistema. De esta forma queda claro que el ordenamiento jurídico colombiano permite ese doble rol de usuario y productor. Otro tema es a quién o través de qué agente de la cadena puede vender los excedentes (Resolución CREG n.º 030 de 2018)¹³. En el caso objeto de estudio, cuando se consolide un proyecto de generación de energía en una zona que no esté conectada al SIN, se regirá principalmente por lo estipulado en la Resolución de la CREG 091 de 2007, “Por la cual se establecen las metodologías generales para remunerar las actividades de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica, y las fórmulas tarifarias generales para establecer el costo unitario de prestación del servicio público de energía eléctrica en Zonas No Interconectadas”, y en general por toda la regulación que se expida referente a las zonas no interconectadas, las cuales fueron señaladas previamente, pero aún existe un reto para la regulación y

13 El artículo 16 de la Resolución CREG 030 de 2018. Artículo 16 señala las alternativas para la entrega de los excedentes de Autogeneradores a pequeña escala (AGPE). “1. Si es un AGPE que no utiliza FNCER,

“a) A un comercializador que atiende mercado regulado, directamente sin convocatoria pública, siempre y cuando no exista relación de control entre el comprador y el vendedor, entendido este en los términos del numeral 4 del artículo 45 del Decreto 2153 de 1992. En este caso, el precio de venta será única y exclusivamente el precio en la bolsa de energía en cada una de las horas correspondientes.

“b) A generadores o comercializadores que destinen dicha energía a la atención exclusiva de usuarios no regulados. En este caso, el precio de venta es pactado libremente.

“c) Al comercializador integrado con el OR, quien está obligado a recibir los excedentes ofrecidos. En este caso, el precio de venta es el precio horario en la bolsa de energía.

“2. Si es un AGPE que utiliza FNCER,

“a) A un comercializador que atiende mercado regulado, directamente sin convocatoria pública, siempre y cuando no exista relación de control entre el comprador y el vendedor, entendido este en los términos del numeral 4 del artículo 45 del Decreto 2153 de 1992. En este caso, el precio máximo de venta es el precio definido en el Artículo 17 de esta resolución.

“b) A generadores o comercializadores que destinen dicha energía a la atención exclusiva de usuarios no regulados. En este caso, el precio de venta es pactado libremente.

“c) Al comercializador integrado con el OR, quien está obligado a recibir los excedentes ofrecidos. En este caso, el precio de venta es el precio definido en el Artículo 17 de esta resolución.

“Parágrafo 1. En los días en que exista periodo crítico se entiende que el precio de bolsa de energía aplicable es el precio de escasez ponderado de ese día según se define en la Resolución CREG 140 de 2017 o todas aquellas que la modifiquen o sustituyan.

“Parágrafo 2. El comercializador integrado con el OR debe informar al ASIC, en el formato que este decida, las compras que realiza a los AGPE para efectos de incluirlos como parte de la energía de entrada para el cálculo de los cargos de transmisión y distribución de energía eléctrica.

“Parágrafo 3. El comercializador es responsable de adecuar los contratos de condiciones uniformes de sus usuarios regulados a quienes compra excedentes, para reflejar sus obligaciones con el usuario respecto de esas compras”.

es la comercialización de los excedentes, así como la necesidad de dinamizar la competencia.

3. DERECHO PARA HABILITAR SOLUCIONES

De lo dicho en la sección anterior, se puede concluir que la regulación actual genera un terreno favorable para proyectos innovadores al incorporar figuras como la del autogenerador, generador distribuido y la remuneración por los excedentes de energía. Por lo tanto, los reguladores y los operadores jurídicos que se enfrenten a proyectos innovadores tendrán la posibilidad de impulsarlos apoyados en normas existentes.

Así, se tiene la oportunidad de privilegiar la identificación de soluciones para los colombianos que no reciben un servicio idóneo de electricidad. Sumado a lo anterior, es importante considerar las ventajas que traería el planteamiento de soluciones innovadoras, que podrían estar basadas en *blockchain*, para atender estas necesidades y de la importancia de un *sandbox* regulatorio para el sector eléctrico (Gutiérrez Rico y España Forero, 2019). Esto permitiría contar con escenarios controlados en los que el regulador proteja de una parte los intereses de los consumidores y de otra brinde seguridad jurídica a los innovadores que decidan impulsar nuevos modelos de comercialización de excedentes autogenerados de energía.

3.1. VENTAJAS DE UN MODELO DE ESTE TIPO EN ZNI

La estructura de las ZNI parte de un concepto legal (art. 1.º Ley 855 de 2003), y como se mencionó, estas zonas tienen límites de hecho frente a las posibilidades de interconectarse al SIN. Es pertinente que la regulación fomente la formulación de modelos alternativos para brindar energía a ZNI, incluyendo los que puedan basarse en *blockchain*. El uso de esta tecnología para la comercialización de excedentes y la promoción de agentes no centralizados toma en consideración los siguientes aspectos.

3.1.1. LA GOBERNABILIDAD DE RECURSO

El uso de sistemas de registro de información como *blockchain* apalanca la administración de los recursos energéticos, ya sea por parte de los autogenerados o aquellos generados por el prestador del servicio en la localidad.

Otro tema es la comercialización de excedentes. Esta tecnología se caracteriza por la trazabilidad de las transacciones y la transferencia de valor e incluso pagos. Esto además coloca al Estado en una posición privilegiada de cara a construir una regulación eficiente.

3.1.2. SOSTENIBILIDAD

Por medio de la generación distribuida y ante la posibilidad de la comercialización de los excedentes, los usuarios de la red no solo podrán asegurar el suministro de energía, sino también la posibilidad de tener retornos a su inversión. La generación podría estar apalancado en energía renovable, contribuyendo así a la descarbonización. La regulación debe hacer visible esta posibilidad, para que los prosumidores y el mercado puedan generar modelos de negocio que apalancen tales iniciativas (por ejemplo, mediante economías solidarias (cooperativas), asociaciones público-privadas (APP), cooperación con empresas prestadoras de servicios públicos, entre otras).

3.1.3. MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE SERVICIO Y CONSUMO

Un modelo de control social con *blockchain* permitirá una auditoría en línea y en tiempo real de los servicios y consumos en los que los miembros de la red pueden ejercer dicho control o inclusive permitir que la comunidad u otros agentes lo ejerzan. Además, permitirá información de los usuarios y para los usuarios, promoviendo de redes de autogeneración en las ZNI.

3.1.4. COORDINACIÓN DE LA OPERACIÓN

Si la regulación habilita estas alternativas tecnológicas, los prosumidores y agentes no centralizados podrán generar iniciativas con la potencialidad de ser escalables. Así, la regulación impulsaría la innovación y la masificación de las soluciones dependerá de aspectos asociados a los efectos de red, la aceptación de los usuarios, entre otros. Es evidente que esta propuesta va de la mano de la ya conocida transformación del mercado eléctrico. La gestión de estas operaciones puede desbordar un sistema ordinario de gestión, más aún por las situaciones extraordinarias de las zonas objeto de estudio; es así como la tecnología de contabilidad distribuida permitirá una mejor gestión

de aspectos como la sincronización de la red, el despacho del recurso, entre otros.

3.1.5. AUMENTO DE COBERTURA

El esquema busca el aumento de la cobertura del servicio de energía eléctrica en zonas de difícil acceso y en condiciones complejas; el modelo permitirá que estas zonas cuenten con un servicio de calidad y con una gestión adecuada del recurso.

En este aspecto, al impulso que pueda imprimir el regulador, a través de mecanismos como la adopción de un *sandbox* regulatorio, deberá sumarse el trabajo coordinado y concurrente de todos los actores involucrados. En tal escenario, será clave que las entidades públicas, los prosumidores y la comunidad en general exploren y aprovechen tales ambientes controlados que se lleguen a generar en un eventual *sandbox* regulatorio en el sector eléctrico.

Lo anterior beneficiará a estas zonas, permitiendo la identificación de soluciones innovadoras de energética, con base en la existencia y potencialidad de las fuentes de generación, para llevar a cabo proyectos viables para un suministro de calidad y un eficiente y racional uso de la energía atendiendo a las necesidades de la localidad.

CONCLUSIONES

Como se reseñó en el numeral 3.2, la regulación actual tiene elementos que permiten la implementación de algunas iniciativas para la venta de excedentes de energía basadas en *blockchain* y que pueden beneficiar a las ZNI. El numeral 2.3 reseña una iniciativa que se adelanta en el país, integrando el aporte de un comercializador de energía, lo cual confirma que existen fundamentos regulatorios que abren la puerta a explorar ciertas posibilidades novedosas. Así, por ejemplo, es positivo que la normatividad, a nivel legal y regulatorio, contemple figuras como la del prosumidor, la autogeneración de energía y promueva fuentes renovables de energía.

En todo caso, se concluye que el regulador tiene una oportunidad para impulsar aún más la innovación, mediante la implementación de un *sandbox* regulatorio como el que ya existe en el sector TIC o en el sector financiero. Así, podrá habilitar bajo escenarios controlados otras alternativas, protegiendo de una parte a los consumidores y, de otra, brindando seguridad jurídica a

los innovadores que lleguen a plantear soluciones tecnológicas basadas en agentes no centralizados. Esto le permitirá al regulador fomentar soluciones innovadoras que complementen las iniciativas tradicionales que el país ha tenido frente a las ZNI, generando un escenario que no solo acerque la 4RI a todos los colombianos, sino que fomente el ecosistema de emprendimiento y creatividad en el sector energético para brindar soluciones a problemáticas sociales.

El posicionamiento del prosumidor, internet, las tecnologías disruptivas y las 5D revolucionan los paradigmas vigentes y retan los modelos de mercados tradicionales. *Blockchain* apalanca esa transformación del sector, caracterizándose precisamente por su descentralización, democratización y digitalización, pudiendo promover energías renovables (contribuyendo así a la descarbonización) y haciendo evidente que algunos aspectos podrían ser desregulados o tener una aproximación más favorable a la innovación (por ejemplo, habilitándolos a través de un *sandbox* regulatorio). Como se reseñó en el numeral 1.1.1, el sector público colombiano ya tiene iniciativas concretas apoyadas en *blockchain* y es conveniente que el sector energético aproveche también esta tecnología.

Tradicionalmente, en la ZNI se han utilizado modelos clásicos de negocio para garantizar el acceso a la energía eléctrica. No obstante, como se expuso, se encuentra en 4RI no solo una opción para estas zonas sino retos y oportunidades para el Estado, para los productores y desde luego para los consumidores. Soluciones innovadoras basadas en *blockchain* e internet de las cosas, en zonas que hoy no hay internet bajo una infraestructura clásica, es posible y es una opción para llevar el servicio de energía eléctrica a más colombianos.

Es fundamental explorar soluciones innovadoras que permitan a los colombianos más vulnerables dar un salto tecnológico de la revolución 1.0 (donde carecen de energía eléctrica y conexión a internet), a la revolución 4.0, sin tener que pasar por etapas previas, permitiendo mejorar no solo el acceso a energía eléctrica, sino todo lo que se deriva de esto, como mejoras en la educación, la alimentación, la conectividad, entre otros.

REFERENCIAS

AGENCIA NACIONAL DE TIERRAS (febrero de 2020). *Prototipo Blockchain Tierras*.

- ALANNE, K. & SAARI, A. (2006). Distributed energy generation and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(6), 539-558.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID / Banco Mundial – BM (2020). *Misión de transformación energética y modernización de la industria eléctrica: hoja de ruta para la energía del futuro*.
- BITLUMENS (2018). *Bitlumens*. Disponible en: <https://bitlumens.com/>
- BJÖRK, M. & WESTÖ, J. (2014). *Scada system for off-grid energy solutions on remote islands*.
- BROOKLYN MICROGRID (2019). Disponible en: <https://www.brooklyn.energy/>
- CASTELLANOS, E. (2018). Blockchain y el tren de la innovación. *Foro del Jurista. Economía Digital* (Edición 33). doi:ISBN 978-958-56964-2-6
- CENTRO NACIONAL DE MONITOREO DEL INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LAS ZONAS NO INTERCONECTADAS (enero de 2020). *Informe Mensual de Telemetría*. Disponible en: http://www.ipse.gov.co/attachments/article/573/Informe%20Mensual%20Resumido%20de%20Telemetria_enero%202020.pdf
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL [CONPES] (2001). *Documento Conpes 3108*.
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL [CONPES] (2006). *Documento Conpes 3453*.
- CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL [CONPES] (8 de noviembre de 2019). *Documento CONPES 3975 - Política Nacional Para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial*. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3975.pdf>
- CORREA, J. S. (2017). *El Río Magdalena y sus ferrocarriles*. Disponible en: <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-290/el-rio-magdalena-y-sus-ferrocarriles>
- Decreto 1073 de 2015.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN [DNP] (2018). *Censo Nacional de Población y Vivienda*. Bogotá: DANE. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivienda-2018/cuantos-somos>

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN [DNP] (2019). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022*. Disponible en: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/BasesPND2018-2022n.pdf>
- FLÓREZ ACOSTA, J.; TOBÓN OROZCO, D. & CASTILLO QUINTERO, G. (2009). *¿Ha sido efectiva la promoción de soluciones energéticas en las zonas no interconectadas (ZNI) en Colombia?: un análisis de la estructura institucional*. Bogotá.
- FORO ECONÓMICO MUNDIAL (Junio de 2020). *Exploring Blockchain Technology for Government Transparency: Blockchain-Based Public Procurement to Reduce Corruption*. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Blockchain_Government_Transparency_Report.pdf
- GOLDTHAU, A. (2014). Rethinking the governance of energy infrastructure: Scale, decentralization and polycentrism. *Energy Research & Social Science*, 1, 134-140.
- GÓMEZ ZAMBRANO, B. A. Y GUTIÉRREZ RICO, A. P. (2014). *Análisis de viabilidad para implementación y aprovechamiento de energías alternativas en zonas rurales del norte departamento del Tolima*. Chile: Universidad de Viña del Mar.
- GUTIÉRREZ RICO, A. P. y ESPAÑA FORERO, J. M. (2019). Arenera regulatoria para el sector eléctrico colombiano. Una respuesta del regulador de cara a la transición energética. En *Anuario iberoamericano de regulación: hacia una regulación inteligente*. Universidad Externado de Colombia.
- HOOKER, C. (1997). *Life in the shadows of the Crystal Palace, 1910 - 1927: Ford workers in the Modern T era*.
- HUFEN, J. & KOPPENJAN, J. (2015). Local renewable energy cooperatives: revolution in. *Energy, Sustainability and Society*, 5(1), 18.
- INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA ZONAS NO INTERCONECTADAS (3 de marzo de 2020). Disponible en: <http://www.ipse.gov.co/transparencia-y-acceso-a-informacion-publica/informacion-de-interes2/preguntas-frecuentes/2-unca>
- INTERNATIONAL, T. (2019). *Corruption Perceptions Index*.
- JACK, W. & SURI, T. (9 de diciembre de 2016). The long-run poverty and gender impacts of mobile money. *Science*. doi:10.1126/science.aah5309
- KAGERMANN, H. (2015). Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. *Management of permanent change*, 23-45.

Ley 1099 de 2006. Congreso de la República.

Ley 142 de 1994, artículo 15 Num. 15.4. Congreso de la República.

Ley 142 de 1994, artículo 14 Num 14.25. Congreso de la República.

Ley 142 de 1994, artículo 15 Num 15.2. Congreso de la República.

Ley 143 de 1995, artículo 71. Congreso de la República.

Ley 1450 de 2011. Congreso de la República.

Ley 1715 de 2014. Congreso de la República.

Ley 1753 de 2015, artículo 193. Congreso de la República 2015.

Ley 1955 de 2019. Congreso de la República 2019.

Ley 1955 de 2019 Art 298 (Congreso de la República).

Ley 633 de 2000. Congreso de la República.

Ley 788 de 2002. Congreso de la República.

LEY 855 DE 2003, ARTÍCULO. CONGRESO DE LA REPÚBLICA.

MENGELKAMP, E.; GÄRTTNER, J.; ROCK, K.; KESSLER, S.; ORSINI, L. & WEINHARDT, C. (2018). Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. *Applied Energy*, 210, 870-880. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054>

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA (enero de 2021). *Misión de Transformación Energética*. Disponible en: <https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24265561/Informes+segunda+fase+MTE.pdf/e3811f3c-c4f3-40d3-85e6-664d171c298a>

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES [MINTIC], Asignación del Espectro para IMT (20 de febrero de 2020). Disponible en: http://micrositios.mintic.gov.co/asignacion_espectro/

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES [MINTIC] (2020). Informe Q3 . Mintic.

MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (2018). *Blochain para elección de colegios Distritales, Premios a la innovación pública digital*.

- Disponible en: Centro de Innovación MINTIC: https://centrodeinnovacion.mintic.gov.co/sites/default/files/20_blockchain_para_eleccion_colegios_distritales.pdf
- MINTIC (2019). *Ministerio TIC - Plan TIC 2018 a 2022*. Disponible en: https://micrositios.mintic.gov.co/plan_tic_2018_2022/pdf/plan_tic_2018_2022_20200107.pdf
- MINTIC (Febrero de 2021). *Guía de Referencia Blockchain - Borrador*. Disponible en: https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articulos-161810_Ley_2052_2020.pdf
- MORENO CASTILLO, L. F. y GUTIÉRREZ RICO, A. P. (2019). Novedades del derecho de la competencia y de los usuarios del servicio público de energía eléctrica como consecuencia de la incorporación de las tecnologías disruptivas en Colombia. *Anuario Iberoamericano de derecho de la energía*, 2, 315- 348.
- MORSTYN, T.; FARRELL, N.; DARBY, S. & MCCULLOCH, M. D. (2018). Using peer-to-peer energy-trading platforms to incentivize prosumers to form federated power plants. *Nat Energy*(3), 94-101. doi:<https://doi.org/10.1038/s41560-017-0075-y>
- NAKAMOTO, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS [OCDE] (2011). *Hacia el crecimiento verde. Un resumen para los diseñadores de políticas*. OCDE.
- ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS [OCDE] (2019). *Reviews of Digital Transformation: Going Digital in Colombia*. Paris: OECD Publishing. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/781185b1-en>.
- ORTEGA, S. y ESPAÑA, J. (s.f.). *Explorando mercados de energía "peer-to-peer" en Colombia*. Disponible en: <https://www.eia.edu.co/noticias/1699-explorando-los-mercados-de-energia>
- Power Ledger. (s.f.). *Uttar Pradesh Government, India. Peer-to-peer solar power trading*. Disponible en: <https://www.powerledger.io/project/uttar-pradesh-government-india/>
- PREUKSCHAT, A. (2017). *Blockchain: la revolución industrial de internet*. Gestión 2000.
- Resolución CREG N° 091 de 2007. CREG.
- Resolución CREG N° 030 de 2018. CREG).
- RIVERO, J. (1 de marzo de 2018). *CriptoNoticias*. Disponible en: Alcaldía de Bogotá y Secretaría de Educación prueban blockchain para elecciones: <https://www>

criptonoticias.com/gobierno/votaciones/alcaldia-bogota-secretaria-educacion-prueban-blockchain-elecciones/

SCHWAB, K. (14 de junio de 2016). *The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond*. Disponible en: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS, S. D. (2017). *Diagnóstico de la prestación del servicio de energía eléctrica*. Bogotá.

TAPSCOTT, V. D. & TAPSCOTT, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*. Gebundenes Buch.

TUSHAR, W.; KUMAR SAHA, T.; YUEN, C.; MORSTYN, T.; AL-MASOOD, N.; POOR, H. & BEAN, R. (2019). Grid Influenced Peer-to-Peer Energy Trading. *IEEE Transactions on Smart Grid*.

URNA DE CRISTAL (30 de Abril de 2019). Latinoamérica tiene en Colombia el primer Centro para la Cuarta Revolución Industrial. Recuperado el 2021, de <https://www.urnadecristal.gov.co/cuarta-revolucion-industrial>

VILORIA DE LA HOZ, J. (2016). *Empresas de vapores en el Caribe Colombiano: La navegación fluvial y los ferrocarriles en el Magdalena Grande y el Bajo Magdalena, 1870 - 1930*. Cartagena: Banco de la República. Centro de estudios económicos regionales (CEER).

WANG, S.; TAHA, A.; WANG, J.; KVATERNIK, K. & HAHN, A. (2019). Energy Crowdsourcing and Peer-to-Peer Energy Trading in Blockchain-Enabled Smart Grids. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics: Systems*. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics: Systems*. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1901.02390.pdf>

WILLIAMS, J.; DEBENEDICTIS, A.; GHANADAN, R.; MAHONE, A.; MOORE, J.; MORROW, W. & TORN, M. (2012). The technology path to deep greenhouse gas emissions cuts by 2050: the pivotal role of electricity. *Science*, 6064(335), 53-59.

WOLFGANG THURNER, T. (11 de junio de 2019). *Renewable energy managed over blockchain would boost Africa's rural power access*. Disponible en: <https://qz.com/africa/1640800/renewable-solar-power-over-blockchain-will-light-up-rural-africa/>

La tercera edición de la colección “Así habla el Externado” examina el impacto que las tecnologías disruptivas y la transformación digital están teniendo sobre el conjunto de la sociedad, bajo una lente humanista e interdisciplinar, propia de nuestra institución. La Cuarta Revolución Industrial (4RI), que ha permeado todos los campos de la actividad humana y la sociedad, ofrece la inmensa oportunidad de reducir las brechas de conocimiento e ingreso económico y generar progreso social y democrático, pero puede también tener el efecto contrario. El lector y la lectora encontrarán en estos cuatro tomos reflexiones valiosas, en sus 74 escritos, para comprender en todo su alcance estas innovaciones y poder contribuir así a la construcción de realidades cada vez más incluyentes y participativas.

* * * * *

En este tomo se discuten los impactos de las tecnologías disruptivas en las políticas públicas y la regulación. Esas tecnologías tienen el potencial de modificar las maneras como la Administración Pública opera, así como el modo en que interactúa con la sociedad civil. El uso de estas herramientas por parte de la Administración afecta distintas dimensiones del sector público, incluyendo el sector defensa, el ámbito ambiental e incluso la diplomacia, entre otros. Además, las tecnologías de la 4RI suponen desafíos para la regulación y la protección al consumidor derivados del uso de tecnologías como, por ejemplo, la inteligencia artificial y el *Blockchain* en terrenos diversos: el mercado de valores, las *Fintech*, el comercio exterior, etc. Los trabajos que contiene este volumen discuten en profundidad tales retos e implicaciones, su incidencia en los objetivos de las políticas públicas, y presentan propuestas de regulación para el adecuado aprovechamiento de dichas tecnologías.

