

JUAN MANUEL ESPAÑA*
ANA PAOLA GUTIÉRREZ**

*Arenera regulatoria para el sector
eléctrico colombiano. Una respuesta
del regulador de cara a la transición energética*

Este documento presenta a la comunidad académica y al sector energético, en el marco del Congreso de la Asociación Iberoamericana de Regulación, un análisis basado en la revisión bibliográfica de normas, reportes industriales, artículos académicos y entrevistas con expertos del sector público y privado, con el propósito de proveer un entendimiento sobre la figura y la implementación de una *arenera regulatoria* como un mecanismo que se caracteriza por ser ágil e innovador. En ese sentido, se considera que tiene el potencial tanto para acelerar la transición energética en Colombia, como para mejorar el proceso regulatorio del sector eléctrico. En ese orden de ideas, se analiza, de una parte, el rol de la innovación en la transformación del sector eléctrico en Colombia y, de otra, se plantea la necesidad de pilotear nuevos productos y servicios con mayor libertad y flexibilidad. Lo anterior, desde luego, aplicando mecanismos que cumplan con los objetivos de proteger al consumidor, generen valor y otorguen datos a los actores del ecosistema. En ese escenario, se resalta la necesidad de que el regulador asuma un rol proactivo en diferentes aspectos; en este escrito se destaca la importancia de fomentar la innovación tanto en el mercado como en el mismo proceso regulatorio y se observa la oportunidad para proponer el mecanismo de una *arenera regulatoria* para el sector eléctrico en Colombia, y aplicar este marco bajo el caso de estudio del intercambio de energía entre prosumidores, situación que impondrá grandes retos a todos los actores del sector.

I. LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y LA FIGURA DEL PROSUMIDOR

La transición energética se puede definir mediante cinco tendencias del sector: la descarbonización, bajo la cual los sistemas modernos son diseñados

* Ingeniero Electricista y Electrónico de la Universidad de los Andes y Msc. In Management de ESMT, Berlín. Cuenta con experiencia en formulación e implementación de proyectos energéticos descentralizados, incluyendo el diseño de sistemas solares fotovoltaicos y micro-redes en lugares apartados. Investigador Centro de Pensamiento de la Universidad EIA. Correo-e: juan.espana@eia.edu.co

** Abogada de la Universidad Externado de Colombia. Doctoranda de la Universidad de Almería en el programa de Ciencias Económicas, Empresariales y Jurídicas (Becaria de International Bar Association, SEERIL). Docente-Investigadora del Departamento de Derecho Minero Energético. Correo-e: ana.gutierrez@uexternado.edu.co

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 y otros, 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).

En el centro de esta transición de las 5Ds (descarbonización, descentralización, digitalización, democratización y desregulación), se encuentra el prosumidor de energía. Este nuevo agente del mercado representa a un consumidor que tiene dos condiciones o calidades, una como consumidor y otra como productor (Sánchez Carrero & Contreras Pulido, 2012), lo cual le otorga la posibilidad de generar, almacenar y vender su propia energía (Hoyos, 2019). En el caso colombiano, pueden señalarse como antecedentes de esta figura desde la ley eléctrica 143 de 1994 (Congreso de la República C. , Ley 143, 1994), norma en la cual se encuentra contemplada la auto-generación, pero únicamente destinada al autoconsumo; posteriormente, la Resolución CREG 084 de 1996 permitió que un tercero fuera propietario de activos de generación y dio lugar a la reglamentación de excedentes de energía. Pero es con la expedición de la Ley 1715 de 2014 que se considera que existe un marco legal definido por la ley, y posteriormente mediante la Resolución CREG 030 de 2018, norma que 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 (CREG, 2018).

Teniendo en cuenta ese marco normativo y gracias a la difusión de los sistemas fotovoltaicos, la medición inteligente y los vehículos eléctricos, los prosumidores comienzan a tomar fuerza, al encontrar una oportunidad para capturar el valor del uso eficiente de la energía, disminuyendo costos operacionales, mejorando la seguridad y confiabilidad, e inclusive generando nuevas fuentes de ingreso (Hoyos, 2019) (Jiménez, Franco & Dyner, 2016).

Expuesto lo anterior, es preciso señalar que la estructura de mercado del sector eléctrico en Colombia está definida principalmente por el marco regulatorio creado a mediados de los años 90 gracias a la ley de servicios públicos, Ley 142 de 1994 (Congreso de la República, 1994), y la ley de energía eléctrica previamente enunciada, se puede afirmar que estas normas marcaron una disrupción en el sector al permitir la entrada a los privados y porque a partir de estas, se crearon instituciones como la Comisión de Regulación de Energía Eléctrica y Gas (CREG) como el órgano regulador del sector; la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), y la Superintendencia de Servicios Públicos (CREG, 2018). No obstante el cambio que se dio con ocasión de una nueva organización de los entes estatales encargados de la regulación, planificación y vigilancia, este esquema fue pensado para ser operado por pocos actores de gran envergadura y con un sistema de suministro unidireccional que va desde los grandes centros de generación a los consumidores finales. En suma, este modelo de negocio está diseñado para remunerar ciertas actividades muy bien definidas y bajo esquemas de oligopolios, excepto en la generación a gran escala en la que, en principio, hay competencia, pero también barreras de entrada muy grandes (Moreno Castillo & Gutiérrez Rico, 2019) que deberán ser objeto de un análisis más detallado.

En ese orden de ideas, la integración de los prosumidores al mercado eléctrico genera grandes retos en la planeación y en la operación del sistema. Bajo un nuevo paradigma de las 5Ds, los prosumidores suministran energía a la red con parámetros de confiabilidad y operación muy diferentes a los tradicionales, altamente dependientes de las condiciones climáticas (radiación solar, viento) e inclusive de las preferencias de cada prosumidor que pueden ser tan diversas como las de cualquier otro mercado (Jiménez, Franco & Dyner, 2016). Además, esta nueva topología tiende a dejar de lado a los agentes intermediadores tradicionales ya que, en principio, hay una mayor proximidad entre la generación y el consumo, y una menor necesidad de infraestructura tradicional, resultando en que el prosumidor busque comprar y vender energía directamente con otros prosumidores (Goldthau, 2014).

Así, la digitalización juega un papel fundamental no solo como acelerador de la transición energética sino porque con la entrada de tecnologías habilitadoras, a manera de ejemplo, Blockchain e inteligencia artificial, se proveen las herramientas para integrar y operar estas nuevas topologías y acercarlas al prosumidor (Henly, Hartnett, Endemann & Tejblum, 2018). Es por esta

razón que tanto los actores del mercado consolidado como los emprendedores están estudiando e implementando mecanismos que permitan aprovechar las oportunidades que brindan las tecnologías disruptivas y permiten superar las brechas de la innovación en el sector. Es en este escenario en el que consideramos que el mecanismo conocido como arenera regulatoria, al ser un nuevo concepto que ha probado ser exitoso inicialmente en el sector financiero, es una alternativa interesante, viable y con gran proyección en el mundo energético donde ya se está introduciendo como una estrategia apropiada para recolectar información sobre las tecnologías, validar su propuesta de valor, entender su impacto, generar colaboración entre los actores de mercado y llevar a cabo el ejercicio regulatorio basado en datos, como se explicará a continuación.

II. EL ROL DE LA REGULACIÓN Y LA INNOVACIÓN EN EL SECTOR ELÉCTRICO

Hay una larga lista de innovadores trabajando con nuevas tecnologías de la cuarta revolución industrial en todos los sectores de la economía y uno de los puntos frente a los cuales se encuentran coincidencias es respecto a una alta incertidumbre regulatoria. Es así como el Derecho, como mecanismo de control, se ha visto rezagado por los avances sociales frente a los cuales no es posible anticiparse; es por eso que, como respuesta a esta situación, en algunos países, los reguladores han optado por enfoques altamente restrictivos. Esto es que se imponen barreras que se traducen en que los actores interesados en impulsar tecnologías disruptivas no tengan otra alternativa más que desistir de sus proyectos o buscar otros lugares para desarrollarlos (Finck, 2018). En este escenario, la situación se traduce en el desaprovechamiento de las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías para la economía y el desarrollo.

En relación con los reguladores, es claro que enfrentan el dilema de proteger los intereses legítimos de los actores tradicionales y evitar limitar la innovación y el emprendimiento, pero también se encuentran en un dilema los actores tradicionales, porque en muchas ocasiones en la interacción del mercado se ven enfrentados a transformarse y se presenta el denominado dilema del innovador (Clayton M., 2000). Esto porque la innovación establece nuevas reglas en el cómo se producen bienes y se prestan servicios, lo cual hace que los mecanismos que tradicionalmente funcionaban se

vuelvan obsoletos arrastrando a estos actores a situaciones de quiebra o de reestructuración.

En el caso de los reguladores se observa que como también toman la decisión de regular alguna actividad o aspecto de la economía, se enfrentan al dilema de la definición de las reglas de cara a expedir una regulación eficaz y efectiva acerca del impacto normativo que la regulación puede tener. Por una parte, puede que la regulación resulte prematura en el sentido de que, por la naturaleza de la innovación, no se cuente con los datos suficientes para tomar una decisión alineada con el bien común y los intereses de los actores de mercado. Por otra parte, si después de hacer un adecuado análisis de impacto normativo decide no regular, debe tenerse en consideración la posibilidad de exponer a los consumidores, inversionistas y a otros actores, a niveles no aceptables de riesgo en estados de disrupción.

En estas situaciones, se deberán tener en cuenta algunos fenómenos que están en dos extremos: uno es la figura de la desregularización del sector, ya sea porque el agente regulador omite actualizar la regulación existente o simplemente considera que al ser la regulación la figura típica de intervención del Estado considera que no existe una falla o razón en la dinámica del mercado que justifique crearla cuando estamos frente un vacío jurídico. En el otro extremo de este espectro, está el fenómeno de la hiper-regulación y, en ese caso, se está ante el escenario de una libertad restringida frente a las actuaciones que pueden adelantar los actores y hace que las actividades económicas se desarrollen de una forma más lenta y la respuesta de la regulación resulte anacrónica frente a la incorporación y uso de herramientas como lo son las nuevas tecnologías.

Como mecanismos alternos a regular (o no regular), algunos reguladores han diseñado esquemas en los que se flexibilizan las reglas del mercado eléctrico, principalmente el de pequeña escala (o distribución) para pilotear tecnologías y modelos de negocio innovadores que en condiciones normales no serían viables debido a las restricciones propias de la industria. En algunos casos, los reguladores van más allá y toman un rol mucho más activo financiando iniciativas y emprendimientos con el sector privado y la academia y aportando acompañamiento constante. Este enfoque se denomina *arenera*¹ regulatoria y consiste en un entorno que permite a innovadores probar nue-

1 *Arenera* proviene de la palabra *Sandbox*, en inglés, término empleado comúnmente por desarrolladores de software refiriéndose en ambientes de desarrollo aptos para realizar pruebas.

vos productos, servicios y modelos de negocio bajo condiciones reales, pero bajo la supervisión del regulador, el cual flexibiliza las reglas o incluso exime de su cumplimiento y al mismo tiempo recolecta datos. Así, una arenera regulatoria no solo le permite al innovador validar las ideas en un contexto real, sino que genera un beneficio al regulador, ya que aporta información y datos que le permiten entender mejor las innovaciones tecnológicas y su potencial impacto en la industria y en el desarrollo de las políticas públicas.

La denominación arenera o *sandbox* es una importación de las ciencias informáticas, pero su origen es algo menos técnico y está dado en los parques infantiles en los que las areneras de juego de los niños, en un ambiente controlado con unas reglas fijas como marco y un límite de acción, el niño tiene la posibilidad de realizar cualquier acción. Esto se trasladó a la regulación a través de las *fintech*, pero es aplicable a otros mercados como el de la energía, más aún en el marco de la transición energética y las tecnologías disruptivas.

Para la regulación el término tomó fuerza a través, de las denominadas *fintech* (Buchak, 2018), el sector financiero creó la necesidad de trabajar nuevos modelos de mercado que se escapaban de la regulación vigente en los países; es ahí en donde la regulación debió innovar y crear un nuevo modelo regulación (*sandbox* regulatorio), escenario en el cual existen unos límites básicos determinados por el marco que haciendo uso del símil con la arenera para niños, se ocupa de controlar dos aspectos:

1. Qué no se rompan los límites establecidos y
2. Las actuaciones no dañen con los otros participantes.

Para el caso en estudio, esta arenera se configura, o sus límites estarán establecidos por las reglas que el regulador impone y, en ese sentido, es el mismo regulador o la autoridad administrativa quien ejerce el control de cara a conservar el estatus del mercado. De lo expuesto se observa que las nuevas tecnologías han generado la necesidad de desarrollar marcos regulatorios para modelos de negocios emergente (Banco BBVA, 2019), con el propósito de solucionar dos problemáticas: el estímulo a las nuevas formas de negocio y la protección a aquellas que se han consolidado en el tiempo.

III. ARENERAS REGULATORIAS DEL SECTOR ELÉCTRICO

En la actualidad, varios países, incluyendo al Reino Unido, Singapur y Holanda, han lanzado areneras para el sector eléctrico. Del análisis compa-

rado se escogió la experiencia del regulador del sector eléctrico en el Reino Unido Ofgem, ente que lanzó una arenera en el año 2017. Esta arenera fue creada con el objetivo de brindar apoyo en materia regulatoria a empresas con el propósito de lanzar un producto o servicio innovador. En primera instancia, el regulador es el encargado de proveer una retroalimentación ágil que permita entender las normas del sector, y en una segunda etapa facilita la derogación de ciertas normas para empresas de energía de manera que puedan llevar a cabo pilotos durante un periodo de tiempo definido y bajo supervisión (Ofgem, 2018a). El proceso de aplicación se hace a través de una convocatoria abierta al público en general. A la fecha, se han realizado dos convocatorias que han contado con 67 aplicaciones, de las cuales 7 se han convertido en pilotos de la arenera implementados en diferentes lugares del país (Ofgem, 2018). A pesar del importante número de aplicaciones, todavía hace falta más tiempo para poder adelantar un estudio sobre el impacto que tendría realizar un cambio normativo. Es por esta razón que la arenera todavía no ha tenido ningún impacto en la agenda regulatoria; es decir, la arenera no ha generado cambios a nivel regulatorio, lo cual es parte fundamental de la misión de este tipo de instrumentos. Sin embargo, la arenera le ha brindado al regulador información valiosa sobre las tecnologías y nuevos modelos de negocios, consolidar relaciones con actores del ecosistema energético, desarrollar investigación sobre el comportamiento y necesidades de los usuarios de energía, y realizar ejercicios de ideación para los nuevos mercados *retail*. Igual de importante, el regulador ha identificado puntos de intersección clave entre la regulación del sector eléctrico y otras áreas del derecho como la privacidad de datos, la protección del consumidor y la competencia (Ofgem, 2019).

1. EXPERIENCIA COLOMBIANA: SECTOR FINANCIERO

Colombia no ha sido ajena a la tendencia mundial de penetración de servicios financieros digitales (*fintech*) y gracias a los esfuerzos gremiales y el apoyo del sector financiero, la Superintendencia Financiera recientemente lanzó una arenera regulatoria, implementada por un centro de innovación (SFC, 2018). Este centro se creó con el fin de facilitar el desarrollo de innovaciones financieras mediante el apoyo sobre el marco regulatorio, creando así una red de conocimiento y de actores (Superintendencia Financiera de Colombia, 2018). Bajo este modelo, se crea una arenera para cada modelo de negocio

que se desee probar, estableciendo los términos de dicha validación y cumpliendo con los criterios de selección que incluyen: demostrar que es una innovación con impacto y que requiere operar en una arenera debido a la limitación que impone el marco regulatorio (Superintendencia Financiera de Colombia, 2018). Es interesante observar que esta arenera incluye entidades no vigiladas por la Superintendencia, lo cual abre el camino a emprendedores y actores que, mediante las tecnologías digitales, encuentran convergencia entre otras industrias (i.e., eléctrica) y el sector financiero.

2. UNA ARENERA REGULATORIA PARA EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO

En Colombia hay algunas empresas de energía, emprendimientos y grupos de investigación explorando el potencial de tecnologías disruptivas en el sector eléctrico y creando soluciones que se adapten a las condiciones propias del país². A pesar de que la mayoría de los proyectos están en etapa temprana, incluyendo los que están siendo desarrollados por empresas con trayectoria, considerando la experiencia internacional y el marco regulatorio en Colombia, es posible anticipar numerosas barreras regulatorias que pueden socavar el potencial de herramientas, como el *blockchain* para el sector y la transición energética. La intersección de *blockchain* y energía genera varios retos que se deben analizar desde un enfoque tanto teórico como práctico. Algunos de retos identificados son:

- Cuantificación del valor que las innovaciones pueden llegar a generar para el usuario final.
- Impacto en los costos operacionales del sistema eléctrico.
- Identificación de inversiones enfocadas a la digitalización del sector.
- Privacidad de datos y confianza del consumidor en las soluciones tecnológicas y en el mercado.
- Gobernanza del sector eléctrico: quién opera, regula, vigila los nuevos mercados digitales de energía entendiendo que tecnologías como *blockchain* buscan eliminar intermediarios y cortar los obstáculos asociados a varias jurisdicciones.

2 Algunas de las empresas y entidades que están desarrollando proyectos relevantes son: EPM, ERCO, Solenium, Cycle Systems, Universidad EIA, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, y XM, entre otros.

- Evolución de la regulación frente al desarrollo altamente dinámico de tecnologías, tales como *blockchain*, IoT, Big data e inteligencia artificial.
- Acceso a energía: cómo las tecnologías solucionan problemas coyunturales en zonas vulnerables, con necesidades marcadas y limitado acceso a la información.

Después de haber identificado estas inquietudes, coincidimos en que las propuestas deberían ser altamente innovadoras y mostrar que en la actualidad no hay soluciones similares o que el modelo de negocio actual para llevar al mercado cierto producto o servicio es considerablemente diferente y que genera valor. Asimismo, se considera que una propuesta debe ser relevante para el mercado colombiano, con capacidad de acelerar la transición energética, fortalecer el sector y atacar los problemas más críticos de la industria, tales como la vulnerabilidad al cambio climático y el acceso universal a la energía.

Por otra parte, un proyecto que se desarrolle en un *sandbox* debe identificar cuáles son las barreras regulatorias que impiden desarrollar y desplegar una solución innovadora que representará un beneficio mayor para los diversos actores. Por otra parte, se debe demostrar claramente que la solución innovadora tiene el potencial de generar valor para el consumidor de energía y tiene en cuenta los potenciales riesgos que puede representar para el usuario y sus respectivas medidas de mitigación.

3. MERCADOS P2P DE ENERGÍA

Sea lo primero señalar que en una red *peer to peer* o red de pares, se permite que cada uno de los miembros de la red esté en el mismo nivel y pueda crear, validar, distribuir información y como consecuencia de este modelo de mercado basado en redes P2P, se constituye una relación horizontal entre prosumidores donde todos pueden intercambiar, –en este caso energía– en condiciones de igualdad, ligada a su capacidad técnica y condiciones de generación.

Los esquemas tradicionales de distribución de energía se construían bajo la dinámica de una gran planta de generación, que abastecía la demanda y con una oferta en el otro extremo, representada por los consumidores. En este esquema, más que una cadena de distribución se debe entender o asimilar el mercado a una telaraña en donde se entrecruzan pequeños distribuidores o microgeneradores y consumidores. Este tipo de sistema impulsa la gestión de nuevas formas de interactuar dentro de la red, como son las redes

inteligentes, el internet de las cosas y la inteligencia artificial, entre otras, que permitan garantizar los niveles de estabilidad, confiabilidad y seguridad tanto desde el punto de vista de la distribución, el suministro, como de la comercialización (Kalms, 2018).

Estos modelos de intercambio de energía necesitan una regulación y establecer reglas claras de cara a su funcionamiento comunitario, y es donde toman relevancia las areneras regulatorias que permitan a los actores interactuar en libertad siempre y cuando lo hagan en el marco de unas reglas establecidas por el regulador.

Finalmente, con el propósito de cerrar este documento y a manera de discusión, autores como Finck (2018) consideran que si bien las areneras resultan ser innovadoras y compatibles con el rápido desarrollo de las tecnologías digitales, pueden llegar a carecer de transparencia y beneficiar a unos pocos. En ese orden de ideas, del análisis de la experiencia comparada se observa que los reguladores del sector eléctrico que están implementando areneras, si bien todavía no hay evidencia suficiente para determinar si las areneras traen beneficios reales o no, se considera con base en el estudio adelantado hasta el momento que sí son una herramienta que puede ser aplicada de cara a no impedir la innovación en un sector que no solo ha incorporado nuevos actores, sino que deberá dar respuesta a un mercado más dinámico que impondrá a todos los actores públicos, privados, usuarios regulados y no regulados, retos para afrontar cambios que ya son una tendencia mundial y adaptarse a las nuevas dinámicas del mercado para beneficiarse o evitar su desaparición como respuesta a estos.

CONCLUSIONES

– Con el propósito de garantizar una regulación inteligente, el regulador debe atender a los retos identificados y buscar dar respuesta a aspectos como los enunciados, como la determinación del valor que genera en la cadena de valor, en especial para el usuario de energía, el impacto del autoconsumo en los costos operacionales de las redes de distribución, la transición hacia nuevas arquitecturas de software y hardware, costos e incentivos asociados, el manejo de la privacidad y la seguridad de los datos, y la interacción entre agentes del mercado (regulados y no regulados), la transformación digital en las organizaciones (principalmente empresas de energía), gobernanza en el sector eléctrico y otros.

– La disposición de una arenera regulatoria debe ceñirse al principio de legalidad donde los particulares están en la posibilidad de hacer todo aquello que la ley en sentido amplio no prohíba.

– La inclusión de nuevas tecnologías de intercambio y la validación de datos como modelos *peer to peer*, la tecnología *blockchain* son esenciales de cara a democratizar el mercado en donde los prosumidores son parte del esquema de generación y distribución.

– Las areneras regulatorias se configuran como una respuesta del regulador al surgimiento de mercados emergentes y nuevas tecnologías, lo cual aplica al mercado energético.

REFERENCIAS

ALANNE, K. & SAARI, A. (2006). Distributed energy generation and sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 10(6), 539-558.

Banco BBVA (2019). *BBVA*. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/que-es-un-sandbox-regulatorio/>

BUCHAK, G. M. (2018). Fintech, regulatory arbitrage, and the rise of shadow banks. *Journal of Financial Economics*, 130(3), 453-483.

CLAYTON M, C. (2000). *The Innovator's Dilemma (El dilema del innovador)*.

Congreso de la República (1994). Ley 142.

Congreso de la República (1994). Ley 143.

Congreso de la República (2014). Ley 1715.

CREG (2018). *Historia en Colombia*. Disponible en: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/energia/historia-energia>. Recuperado el 20 de febrero de 2019.

CREG (Marzo de 2018). Resolución 030 . Bogotá, Colombia.

FINCK, M. (2018). Blockchains: Regulating the Unknown. *German Law Journal*, 19(4), 665-692.

GOLDTHAU, A. (2014). Rethinking the governance of energy infrastructure: Scale, decentralization and polycentrism. *Energy Research & Social Science* , 1, 134-140.

- HENLY, C.; HARTNETT, S.; ENDEMANN, B. & TEJBLUM, B. (2018). Energizing the Future with Blockchain. *Energy L.J.*, 38, 197.
- HERRERA, D. & VADILLO, S. (Marzo de 2018). *Regulatory Sandboxes in Latin America and the Caribbean for the FinTech Ecosystem and the Financial System*. Interamerican Development Bank (IADB). Disponible en: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8795/Regulatory-Sandboxes-in-Latin-America-and-the-Caribbean-for-the-FinTech-Ecosystem-and-the-Financial-System.pdf>. Recuperado el 06 de febrero de 2019.
- HOYOS, S. G.-A.-F. (2019). The prosumer in Colombia and the electric sector. *Working paper*.
- HUFEN, J. & KOPPENJAN, J. (2015). Local renewable energy cooperatives: revolution in. *Energy, Sustainability and Society*, 5(1), 18.
- JIMÉNEZ, M.; FRANCO, C. J. & DYNER, I. (2016). Diffusion of renewable energy technologies: The need for policy in Colombia. *Energy*, 111, 818-829.
- KAGERMANN, H. (2015). Change through digitization - Value creation in the age of Industry 4.0. *Management of permanent change*, 23-45.
- KALMS, A. (25 de 01 enero 2018). *Smartgridinfo.es*. Disponible en: <https://www.smartgridsinfo.es/comunicaciones/proyecto-p2p-smartest-plataforma-simulacion-intercambio-energia-redes-distribuidas-siguiendo-esquema-p2p-peer-to-peer>
- MENDELKAMP, 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.
- MORENO CASTILLO, L. & GUTIÉRREZ RICO, A. (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. En *Anuario Iberoamericano de Derecho de la Energía* (pp. 315- 348). Bogotá: Universidad Externado de Colombia.
- NOOR, S., YANG, W.; GUO, M.; VAN DAM, K. & WANG, X. (2019). Energy Demand Side Management within micro-grid networks enhanced by blockchain. *Applied energy*, 228, 1385-1398.
- Ofgem (2018). *Insights from running the regulatory sandbox*.
- Ofgem (2018a). *What is a regulatory sandbox?*

Ofgem (Septiembre de 2019). Entrevista con The Innovation Link. (J. M. España, Entrevistador)

SÁNCHEZ CARRERO, J. & CONTRERAS PULIDO, P. (2012). “De cara al prosumidor: producción y consumo empoderando a la ciudadanía 3.0”. Madrid, España: Icono 14. Asociación Científica.

SFC (2018). *InnovaSFC - Superintendencia Financiera de Colombia*. Disponible en: <https://www.superfinanciera.gov.co/publicacion/10097165>. Recuperado el 28 de 01 de 2019.

Superintendencia Financiera de Colombia (2018a). *Manual del Funcionamiento de la Arenera*. Disponible en: <https://www.superfinanciera.gov.co/publicacion/10097165>. Recuperado el 20 de febrero de 2019.

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.