

COMUNIDADES ENERGÉTICAS: MODELOS PARA EL EMPODERAMIENTO DE LOS USUARIOS EN COLOMBIA

ENERGY COMMUNITIES: MODELS FOR USER EMPOWERMENT IN COLOMBIA

Juan Molina Castro ¹, Luisa F. Buitagro ², Sandra Téllez ³, Sandra Giraldo ⁴, Jaime Zapata ⁵

Recibido: 31/3/2023 y Aceptado: 8/5/2023

ENERLAC. Volumen VII. Número 1. Julio, 2023 (110 - 133)

ISSN: 2602-8042 (impreso) / 2631-2522 (digital)



Foto de NASA en Unsplash.

1 Colombia Inteligente. Colombia
juandavid.molina@colombiainteligente.org
<https://orcid.org/0000-0002-7922-2276>

2 Colombia Inteligente. Colombia
luisa.buitrago@colombiainteligente.org

3 Universidad Nacional. Colombia
smtellezg@unal.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-8303-3611>

4 Colombia Inteligente
sayagire@gmail.com

5 XM Colombia Inteligente. Colombia
jazapata@xm.com.co

RESUMEN

La energía comunitaria puede considerarse como un mecanismo que permite que las personas se unan para decidir de forma autónoma sobre la energía que usan, principalmente gestionando energías renovables y servicios relacionados con ellas. Este artículo presenta un panorama general de las comunidades energéticas (CE) y a partir de un análisis comparativo de casos internacionales y del análisis del contexto local, presenta modelos referenciales de CE para soportar la transformación energética y el empoderamiento del usuario en Colombia, considerando sus principales características junto con los modelos de gobernanza y los esquemas transaccionales correspondientes. Estos modelos se plantean a partir de una metodología que puede adaptarse para otros países; también se incluye un análisis de brechas y recomendaciones para la implementación de las CE. Las clasificaciones, esquemas y modelos presentados en este artículo pueden ser de utilidad para el desarrollo de proyectos de energía comunitaria a cualquier nivel y también buscan promover el desarrollo de las comunidades energéticas de forma sistémica, incluyendo aspectos sociales, técnicos, ambientales, financieros, regulatorios y políticos.

Palabras clave: Comunidades Energéticas, Recursos Energéticos, Modelo Comunidad Energética, Gobernanza, Esquema Transaccional.

ABSTRACT

Community energy can be considered as a mechanism that allows people to come together to autonomously decide on the energy they use, mainly by managing renewable energies and related services. This article presents an overview of community energy (CE) and from a comparative analysis of international cases and the analysis of the local context, presents the CE models to support energy transformation and user empowerment in Colombia, considering their main characteristics along with the corresponding governance models and transactional schemes. These models are based on a methodology that can be adapted for other countries; gap analysis and recommendations for the implementation of the EC are also included. The classifications, schemes, and models presented in this article can be useful for the development of community energy projects at any level and also seek to promote the development of energy communities in a systemic way, including technical, environmental, financial, regulatory, and political aspects.

Keywords: Community Energy, Energy Resources, Models, Governance, Transactional scheme.

INTRODUCCIÓN

La transformación energética es necesaria para crear un sistema energético más eficiente, colaborativo y descentralizado, que también ayude a combatir el cambio climático. Uno de los mecanismos para lograr esto es el desarrollo de comunidades energéticas, que permiten a los ciudadanos colaborar en la gestión de sus necesidades energéticas y la sostenibilidad de sus territorios (Lode, Boveldt, Coosemans, & Ramirez Camargo, 2022), (Sæle, Morch, Buonanno, Caliano, & Papadimitriou, 2022), utilizando tecnologías como fuentes renovables de energía, medidores inteligentes, vehículos eléctricos y almacenamiento de energía (Bastos & Trevizan, 2023).

Las comunidades energéticas son un nuevo actor en el sector, que permiten la participación ciudadana y la democratización de la energía (Rescoop.eu / *Electra energy cooperative*/ Heinrich Boell Foundation Office, 2021). Además, las comunidades energéticas pueden mejorar el bienestar social y habilitar oportunidades para que los ciudadanos tengan voz y opciones en la configuración de la transición energética (Hanke, Guyet, & Feenstra, 2022). Algunos de los beneficios sociales que buscan las comunidades energéticas son: construcción de tejido social, autonomía energética, empoderamiento de los consumidores, oportunidades de empleo y mejoramiento del espacio público (Savelli & Mosrty, 2021).

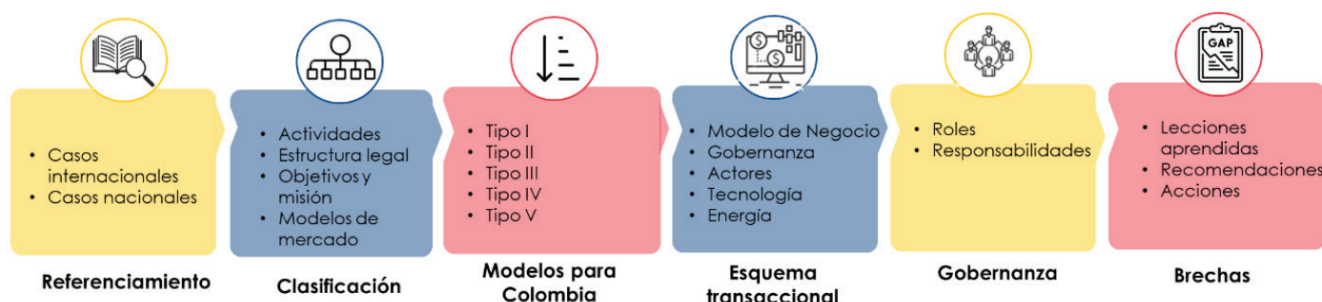
En Colombia, existe el reto de definir los mecanismos que permitan la generación, el consumo, almacenamiento y comercialización de la energía al interior de comunidades energéticas, de tal manera que se habilite la interacción entre los usuarios y sea posible compartir los recursos al interior de la comunidad. De igual manera, también es necesario disponer de una metodología que soporte los esquemas transaccionales de energía y que establezca las condiciones para que los diversos consumidores puedan

compartir las instalaciones de autoconsumo y almacenamiento de energía (Colombia Inteligente, 2019). Por ejemplo, a nivel latinoamericano, se resaltan experiencias para los casos de comunidades energéticas en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, Perú, Venezuela, y Surinam, concluyendo que faltan definiciones políticas, promoción y marcos regulatorios para las CE en la región, además se destaca que los proyectos de CE se ven como una alternativa viable a la red dentro de los asentamientos urbanos (Poque González, Viglio, & da Costa Ferreira, 2022). En ese contexto, este artículo propone 5 niveles de un modelo de comunidad energética, junto con los correspondientes esquemas transaccionales y de gobernanza en el contexto colombiano. Este trabajo se realizó en el marco del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero energético -PIGCCme del Ministerio de Minas y Energía.

La temática de Comunidades Energéticas es emergente en nuestro país, existen diversas definiciones en la literatura internacional (Rodríguez & Anuzis, 2021) y proyectos a nivel mundial (Nagpal, Avramidis, & Madureira, 2022). Se propone como metodología un primer paso el cual establece el estado del arte y analiza casos de éxito internacionales y nacionales. Luego se plantean clasificaciones y se determinan 5 niveles para un modelo de Comunidad Energética en Colombia, con esquemas transaccionales y modelos de gobernanza específicos. Finalmente, se presentan lecciones aprendidas y recomendaciones basadas en proyectos implementados (ver figura 1).

Para esto se parte de un referenciamiento de experiencias internacionales y nacionales, luego se determina las diferentes clasificaciones existentes para establecer los tipos de esquemas transaccionales y de gobernanza. Finalmente, se presentan las principales barreras y un análisis de brechas para la implementación de comunidades energéticas y en general para la gestión de servicios energéticos a cargo de una comunidad en Colombia.

Figura 1. Metodología de investigación



Fuente: Elaboración propia.

ANTECEDENTES

La evolución del sector energético con nuevas tecnologías y energías renovables, y el desarrollo de mercados que involucran a los usuarios finales, han creado distintos esquemas energéticos con similitudes y diferencias. En la Tabla 1 se

presentan estos conceptos que se relacionan con la integración de energía y la participación de los usuarios, ya sea como consumidores o proveedores de servicios.

Tabla 1. Conceptos relacionados con Comunidades Energéticas

Concepto	Descripción
Microrred	Una microrred es un grupo de cargas interconectadas y Recursos de Energía Distribuidos, con límites eléctricos claramente definidos, que actúa como una entidad controlable única con respecto a la red y puede conectarse o desconectarse de la misma, para operar en modo interconectado o aislado (IEEE, 2017).
Recursos energéticos distribuidos	Los Recursos Energéticos Distribuidos pueden definirse como los recursos energéticos gestionables que se encuentran conectados en las redes de distribución o en las instalaciones de los usuarios finales, como por ejemplo las fuentes primarias dedicadas a la autogeneración y generación distribuida, el almacenamiento de energía, los vehículos eléctricos y la respuesta de la demanda (Colombia Inteligente, 2020) Haga clic o pulse aquí para escribir texto.
Distritos térmicos	Los distritos térmicos (DT), también conocidos como distritos energéticos, son redes que suministran calor o frío a edificios y usuarios individuales de una localidad, a través de una red subterránea desde una central generadora. Permiten economías de escala y conexión de fuentes renovables, calor residual, almacenamiento térmico, redes eléctricas y bombas de calor. (Ministerio de Minas y Energía; UPME; ONUDY; Embajada Suiza en Colombia, 2021).
Plantas virtuales	Las plantas virtuales (VPP: por sus siglas en inglés <i>Virtual Power Plant</i>), pueden considerarse como conexiones virtuales de Recursos Energéticos Distribuidos gestionados de forma coordinada y que son representados como una entidad ante el sistema o mercado.

Energía transactiva	La energía transactiva (TE) se puede definir como "un sistema de mecanismos económicos y de control que permite el equilibrio dinámico de la oferta y la demanda en toda la infraestructura eléctrica utilizando el valor como parámetro operativo clave" (NIST, 2017)
Intercambio entre pares (P2P)	P2P es el intercambio de electricidad entre pares a través de una plataforma electrónica, permitiendo una transacción horizontal en el sector eléctrico. El objetivo es proporcionar a los consumidores un mecanismo transparente y confiable para equilibrar sus preferencias y requerimientos (de Almeida, Cappelli, Klausmann, & van Soest, 2021) y (Larrea Basterra & Bilbao Ozamiz, 2020).

Fuente: Elaboración propia

En la literatura existen diferentes definiciones para el concepto de Comunidades energéticas o Energía Comunitaria. Las comunidades energéticas (CE) se plantean como entidades, formadas por una agrupación de socios (como personas físicas, asociaciones, pymes, administraciones públicas), que voluntariamente y con participación cooperativa, establecen sus objetivos en la obtención de beneficios energéticos, sociales, medioambientales y económicos, para los miembros de una comunidad o terceros (Felice, y otros, 2022). Son un modo de organización entre personas para poder plantear proyectos energéticos, mayoritariamente de origen renovable, gestión eficiente de la energía, ahorro en los consumos o servicios de asesoría (Di Fazio, y otros, 2022) .

A su vez, uno de los conceptos más utilizados es el de comunidades energéticas renovables (REC, por sus siglas en inglés *Renewable Energy Communities*), proyectos en los que participa una comunidad de personas para crear, desarrollar, operar y beneficiarse de un proyecto de energía renovable (CIGRE, 2021) Estos pueden ser de diferentes esquemas y tamaños, según las diversas necesidades y recursos disponibles de la comunidad local. Por otro lado, las comunidades ciudadanas de energía (CEC, por sus siglas en inglés *Citizen Energy Community*) son una nueva entidad que brinda servicios y beneficios a la comunidad local, conformada por ciudadanos, pequeñas empresas y autoridades locales, con énfasis en el acceso no discriminatorio a los mercados eléctricos. No

priorizan ganancias económicas y se pueden considerar cooperativas de energía, donde los ciudadanos comparten y controlan proyectos de energía renovable o eficiencia energética (RESCoop, 2019).

A nivel europeo, existen casos de éxito y proyectos piloto de energía comunitaria. La tabla 2 establece un cuadro comparativo entre las características generales de algunas de las iniciativas por país, lo que permite diferenciar y hallar las similitudes entre ellas.



Tabla 2. Análisis comparativo Comunidades Energéticas

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Alemania (BWE, 2012), (Gipe, 2017)	Distribución, suministro y producción de energía.	Cooperativa. Asociación abierta y voluntaria. Sociedades limitadas. Solo miembros locales.	PV, eólica, hídrica, biomasa. Calor y gas. Vehículos eléctricos. Servicios de ahorro energético.	Reinversión de beneficios en proyectos renovables y tecnología. Excedente de energía se vende y se reinvierte en proyectos para beneficio de la CE.
Holanda (SHREC, 2020), (HIER, 2018)	Producir, almacenar y compartir su energía. Operar su propia micro red. Compensar CO ₂	Cooperativas de asociación abierta y voluntaria. asociaciones de propietarios, asociaciones energéticas.	PV. Baterías. DR y P2P Distrito térmico. CHP. Eólico. Vehículos eléctricos.	Generación y suministro, autoconsumo a sus miembros. Tarifas dinámicas de electricidad.
Bélgica (RESCoop, 2019)	Desarrollar proyectos de energía sustentable, descentralizados y democráticos. Reducir emisiones CO ₂	Cooperativa. Adición semi-voluntaria. Abierta a personas naturales y jurídica. Controlado 100% por sus miembros.	PV, eólica e hídrica. Eficiencia energética, biomasa. Almacenamiento. SIN.	Suministro de energía a costo a sus miembros. Pago de dividendos anuales (0-6%). Certificados verdes.
Reino Unido (Verde, Rossetto, Ferrari, & Fonteneau, 2020)	Generación, y venta, electricidad a partir de renovables. Compensación ambiental. Reducción pobreza energética.	Cooperativas municipales. Sociedades de beneficio comunitario. Cooperativas de responsabilidad limitada.	Solar, eólica, hidro y térmico.	Oferta de bonos. Energía de bajo costo.
Grecia (Fajardo García & Frantzeskaki, 2021)	Producción, almacenamiento, consumo propio y venta de energía eléctrica y térmica y de refrigeración.	Cooperativas civiles. Miembros personas físicas o jurídicas, de derecho público o privado, y autoridades locales y regionales, así como sus empresas.	Solar o eólica. Distrito térmico. Hídrico. Biomasa.	Vecino unidad residencial, grupo de empresarios y autoridades locales. Sistema VPP. Compensación en la factura. Sin ánimo de lucro.
España (Tierra, 2020)	Producción, autoconsumo suministro, eficiencia energética, comercialización.	Cooperativas de responsabilidad limitada. Pueden o no ser de la localidad de actuación de la comunidad.	Solar principalmente, eficiencia energética. Vehículos eléctricos. Algo hidráulica y biogás. Cogeneración.	Energía autoconsumo compartido. Excedentes pobreza energética.
Dinamarca (The European Community Power Coalition, 2016)	Producir, consumir, compartir, almacenar y vender la energía eléctrica.	Cooperativas locales y municipales. Limitado a cercanía con la generadora de energía. Miembros cerca de la CE.	Eólica principalmente.	Esquema de compensación a la comunidad.

Fuente: Elaboración propia

En Colombia, se han impulsado iniciativas de generación de energía con recursos locales en comunidades rurales y proyectos administrados por empresas privadas o pequeñas comunidades, como sistemas de generación fotovoltaica, distritos térmicos y P2P. Los distritos térmicos tienen un potencial fuerte para aplicaciones de enfriamiento en centros comerciales y zonas residenciales. Ejemplos notables son el distrito térmico de La Alpujarra que abastece a 6 edificios administrativos (ONUDI, 2023) y el complejo Serena del Mar con sistemas de distritos térmicos para proyectos residenciales, el centro hospitalario y el edificio Universidad de los Andes sede Caribe (Serena del Mar, 2023).

En Medellín, Colombia, se ha desarrollado un esquema de energía P2P y una comunidad solar impulsada por actores de la academia y empresas del sector eléctrico. Este proyecto tiene como objetivo evaluar un esquema de P2P con más de 14 usuarios para intercambiar energía y el desarrollo de una comunidad solar para la instalación y uso comunitario de sistemas fotovoltaicos. La iniciativa se enfoca en diferentes atributos, como la porción de energía renovable, la infraestructura de generación y ubicación. (Blog EnergEIA, 2020).

El Ministerio de Minas y Energía de Colombia lanzó el Reto Comunidades Energéticas 2021 para incentivar la creación de comunidades energéticas en el país. El reto recibió 24 propuestas que buscaban solucionar las necesidades energéticas de sus comunidades mediante el uso de paneles solares, biomasa o energía eólica. La iniciativa ganadora fue el desarrollo de un vivero de plantas ancestrales en la comunidad Los Robles, que recibió un incentivo monetario para implementar la iniciativa piloto en su comunidad. Este reto representa el primer paso para fomentar la creación de comunidades energéticas en Colombia.

En Colombia aún no existe una regulación específica en el tema de comunidades energéticas, sin embargo, en el Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026 en la sección de la Transición Energética Justa (TEJ), en el artículo 190 se da una definición

de este tipo de comunidades, las cuales pueden ser constituidas para generar, comercializar y/o usar de manera eficiente la energía usando fuentes de energía renovables, y recursos energéticos distribuidos (Departamento Nacional de Planeación, 2022).

De acuerdo con lo anterior, en el año 2023 en el marco de la TEJ se planea implementar dos comunidades energéticas en zonas no interconectadas del país, una de ellas estará ubicada en el departamento de la Guajira y contará con la instalación de 2 soluciones fotovoltaicas que beneficiarán alrededor de 1.500 familias. La otra comunidad energética estará ubicada en el departamento de Nariño en la cual la comunidad de Terán cuenta actualmente con 80 soluciones fotovoltaicas individuales. Para la creación de la comunidad energética se realizará la conversión a una microrred solar fotovoltaica centralizada con capacidad de almacenamiento (IPSE, 2023).

NIVELES DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

Hay varias formas de definir un modelo de comunidad energética que serán determinadas por las partes interesadas involucradas, la disponibilidad de recursos y la demanda de la comunidad. La misión y los objetivos generales también influirán en la estrategia, la estructura y las actividades de la organización, así como en el financiamiento (Lopes, Henggeler Antunes, Janda, Peixoto, & Martins, 2016). Después de analizar los casos nacionales e internacionales, se identifican las siguientes características (ver Tabla 3).

Tabla 3. Características de las Comunidades Energéticas

Características	Descripción
En término de las actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de energía renovable. • Distribución de la energía. • Suministro de energía: a través de la compra conjunta de energía 100% renovable en el mercado mayorista de electricidad. • Intercambio de energía entre particulares P2P. • Agregación de energía. • Almacenamiento compartido de energía. • Prestación de servicios de gestión eficiente de la energía. • Prestación de servicios de recarga para vehículos eléctricos.
En términos de la estructura legal o jurídica	<p>La CE es una iniciativa de un grupo de actores y nace con la creación de una entidad jurídica, como, por ejemplo: cooperativas, organizaciones benéficas, fideicomisos de desarrollo o negocios con accionistas comunitarios, aliados, sociedades público-privadas, organizaciones comunitarias (acción comunal, Junta Administradora Local (JAL), comunidades de vecinos, unidades residenciales).</p>
En términos de objetivos y misión	<p>El fin principal de la comunidad energética es generar beneficios sociales y medioambientales en el entorno donde desarrolla su actividad. Puede ser una entidad sin ánimo de lucro o un grupo de empresarios locales que buscan diversificar sus ingresos beneficiando a la comunidad.</p>
En términos del modelo de mercado	<p>La comunidad energética puede:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compartir la energía generada solo con la comunidad o también intercambia con el mercado. • Hacer parte de un mercado con múltiples oferentes simultáneos activos en una conexión, pero diferentes puntos de ubicación. • Ser proveedor de energía a sus miembros y permitir que los miembros puedan dejar la comunidad cuando lo deseen.

Fuente: Elaboración propia

Con base en lo anterior, se establecieron cuatro atributos básicos para el desarrollo de una comunidad energética (ver Tabla 4).

Tabla 4. Atributos para el desarrollo de las Comunidades Energéticas

Atributo	Descripción
Agrupación usuarios	<ul style="list-style-type: none"> • Vecinos de un edificio, viviendas o barrios. • Comunas, municipios. • Islas. • Cadenas o gremios de negocios. • Autoridades locales u otras. • Comunidades étnicas. • Actividades productivas o gubernamentales o ONGs.
Servicios energéticos	<ul style="list-style-type: none"> • Comunidad solar. • Comunidades de energías renovables. • Cadenas de suministro de Biomasa. • Comunidades de energía y calefacción. • Comunidades de almacenamiento de energía. • Comunidad libre de energía nuclear. • Programas comunitarios de eficiencia energética.
Modelo de negocio	<ul style="list-style-type: none"> • Agregador. • Intercambio entre pares (P2P). • Energía como servicio (EaaS). • Propiedad comunitaria. • Pago por uso (PAYG). • Transacciones de energía – varios modelos.
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> • Cooperativa. • Organización sin ánimo de lucro. • Asociación. • Fideicomisos comunitarios. • Sociedad. • Corporación. • Compañía de responsabilidad limitada.

Fuente: Elaboración propia

El éxito de las comunidades energéticas depende de una combinación de factores sociales y financieros, como el capital social, el comportamiento cívico, las preocupaciones ambientales y la confianza interpersonal, lo que puede influir en el tamaño, tipo y diseño de los proyectos energéticos comunitarios exitosos. (Caramizaru & Uihlein, 2020).

A continuación, se proponen cinco niveles de CE referenciales para Colombia, dichos niveles aumentan gradual y progresivamente su complejidad y están pensados para dar cubrimiento y solución a las diferentes posibilidades de energía comunitaria que pueden surgir en el país.

Nivel I – Red de conocimiento

En este nivel de comunidad energética, se asocian usuarios para socializar temas energéticos, concienciar sobre el consumo responsable de la energía y fuentes renovables. Se busca que las personas se apropien del conocimiento en torno a la autogestión del consumo de energía. En este nivel, cualquier grupo de personas, instituciones o empresas pueden hacer parte, y no hay transacciones económicas ni se implementa ningún recurso energético.

Nivel II – Desarrollo de espacios comunitarios

Es el nivel de CE más simple de aquellos que involucran el uso de recursos energéticos. En forma general, es un modelo que usa recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida en espacios comunitarios únicamente, tales como piscinas, escuelas, o alumbrado. Las características de este tipo de comunidades se muestran a continuación:

- No hay transferencia de energía a los usuarios particulares que hacen parte de la CE.
- Cualquier grupo de personas con apoyo del gobierno local pueden hacer parte de la CE.
- Deben estar ubicados en la zona de influencia de la CE.
- Pueden estar incluidos los proyectos de gestión eficiente de la energía, aunque no se cuente con un sistema de autogeneración.

Nivel III – Comunidad Transaccional

Es una comunidad que comparte recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros de la comunidad que se encuentran ubicados en la misma zona. Este modelo involucra transacciones de energía entre miembros de la CE que son autogeneradores con aquellos que no lo son.

Nivel IV – Comunidad Transactiva

Es un modelo de CE que transa energía proveniente de la autogeneración a partir de recursos energéticos pertenecientes a la CE dentro de la zona de influencia con otros que están fuera de esta. Permite entonces que otros usuarios externos puedan ser parte de la CE. Se pueden incluir almacenamiento, movilidad sos-tenible, autogeneración, proyectos de gestión eficiente de la energía, P2P, energía transactiva.

Nivel V – Integración de comunidades

Es el más complejo de los modelos propuestos de CE. En este, se pueden realizar transacciones energéticas entre dos o más comunidades energéticas aledañas o no. Puede existir todo tipo de recursos energéticos para transacciones: generación a partir de fuentes renovables, generación distribuida, gestión eficiente de la energía, almacenamiento, movilidad, servicios de asesoría en proyectos que involucren constitución de otras CE con uso o no de recursos energéticos.

GOBERNANZA Y ESQUEMAS TRANSACCIONALES

La gobernanza energética se refiere a cómo los actores de una comunidad energética participan en la toma de decisiones energéticas. Las comunidades energéticas desafían a los gobiernos y empresas tradicionales al permitir que los ciudadanos autogestionen sus sistemas de energía. La gobernanza implica alta participación local en la planificación, puesta en marcha y beneficios compartidos. Para el éxito de las comunidades energéticas, se necesitan esquemas transaccionales de energía descentralizados y plataformas distribuidas para el intercambio de servicios energéticos.

De acuerdo con lo anterior, esta sección muestra la definición de los esquemas de gobernanza, y de los esquemas transaccionales para los cinco modelos de comunidades descritos anteriormente.

Esquemas de gobernanza

La gobernanza para las comunidades energéticas se resume de forma simple en dos palabras: participación abierta y voluntaria, en donde la propiedad y control de la gestión energética está en manos de los ciudadanos. En este nuevo modelo, la toma de decisiones debe limitarse a aquellos miembros o accionistas que no se dediquen a una actividad comercial a gran escala y para los que el sector energético no constituya un área o actividad económica principal, en donde los miembros (personas físicas, autoridades locales, micro, medianas y pequeñas empresas) ejercen control efectivo sobre la comunidad energética. En la Figura 2 se presentan los esquemas que explica la manera como se realiza el proceso de gobernanza al interior de cada modelo de comunidad energética y de qué manera se realiza la interacción con otros actores involucrados.

Para el caso de la CE nivel I, se muestra la interrelación que existe entre los niveles gubernamentales, la comunidad (los usuarios de la energía), el mercado (los prestadores de servicios de energía) y un sector denominado terciario. Aun cuando las decisiones tomadas al interior de la comunidad sean gestionadas solo por los miembros de la comunidad, estas tienen en cuenta influencias de los demás actores. Para este modelo, se toman decisiones de tipo informativo en un ejercicio democrático, en donde por votación de la mayoría, los integrantes de la comunidad deciden sobre temas de interés relacionados con la gestión de la energía.

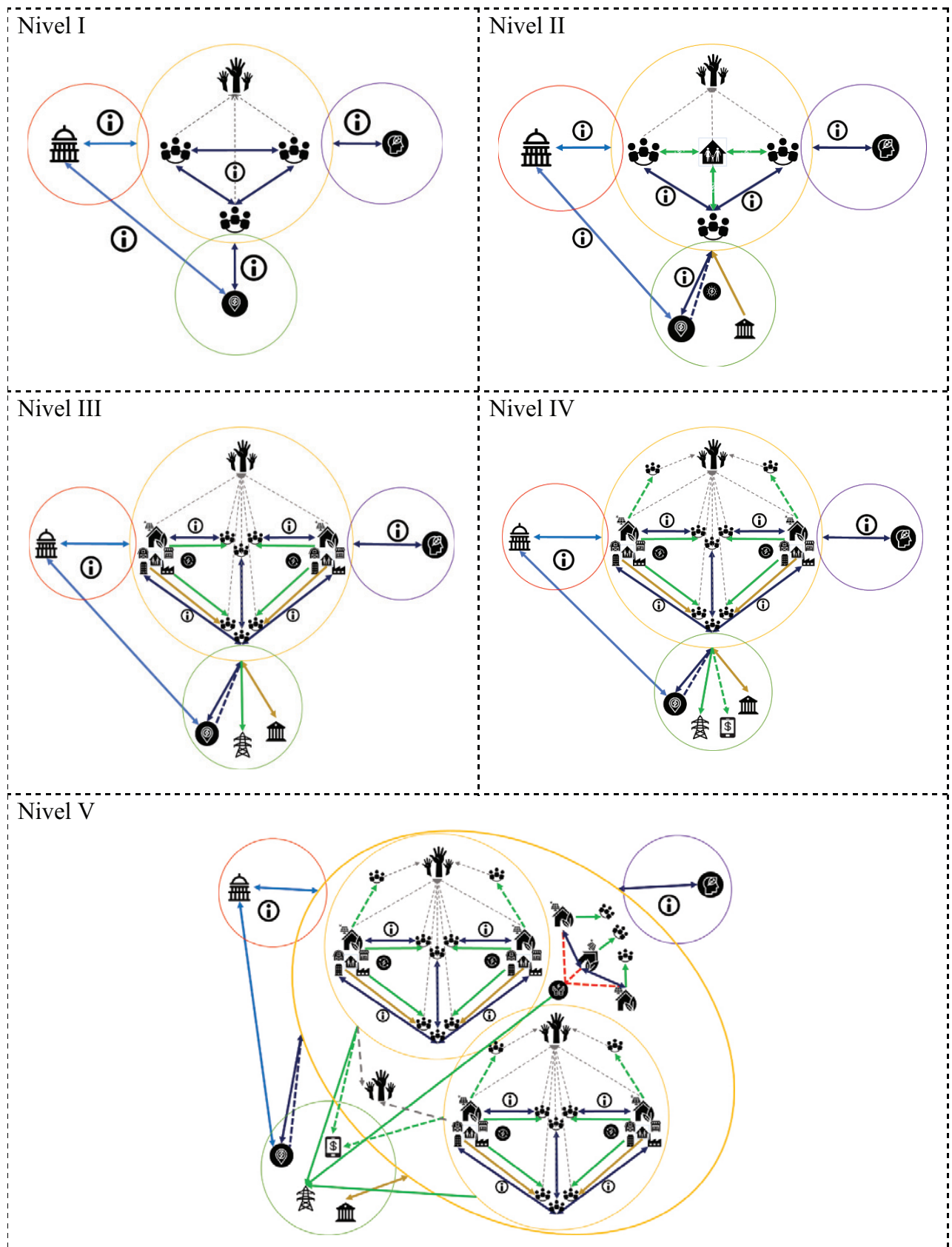
Para el nivel II aparecen nuevas líneas de toma de decisiones que deben ser tenidas en cuenta por la comunidad; también aparecen nuevos actores. Para este tipo de CE se conservan las decisiones de tipo informativo, en un ejercicio democrático, en donde por votación mayoritaria, los integrantes de la comunidad deciden sobre temas de interés relacionados con la gestión de la energía, que incluyen el flujo de información, los recursos financieros necesarios para poner

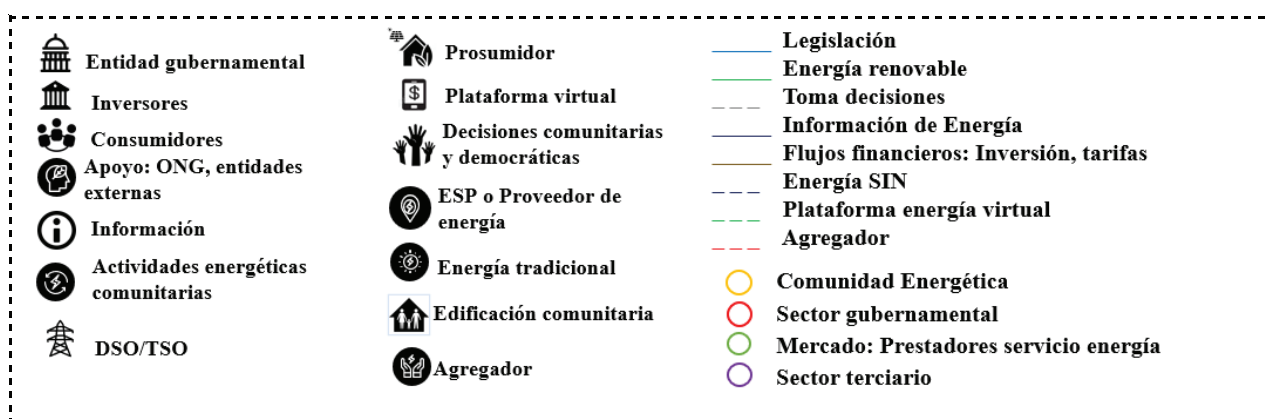
en marcha los proyectos de instalación y gestión de los recursos energéticos.

El modelo de gobernanza del nivel III se basa en que los miembros de la comunidad son generadores y consumidores de energía. Este modelo implica líneas de flujo de energía, información y financieras, y la toma de decisiones relevantes se realiza por asambleas y miembros del órgano administrativo correspondiente. El prosumidor, es clave en este modelo, junto con los inversionistas y generadores tradicionales que apoyan el sistema de circulación de energía. También se destacan los actores involucrados en transacciones económicas de energía cuando hay excedentes de autogeneración para vender por fuera de la comunidad. Es importante que todos los miembros estén geográficamente cercanos a la fuente de energía renovable, y que se implementen prácticas como la gestión eficiente de la energía y el uso de vehículos eléctricos.

Para la CE nivel IV es posible incluir como miembros de la comunidad a otros usuarios que se hallan fuera de la zona geográfica donde se encuentran los prosumidores de la comunidad. Por esto es necesario que entre en juego otro actor que se denomina agente o plataforma virtual, que permite que otros miembros de la comunidad y que no están en la misma área geográfica puedan ser parte de la CE y conectarse de forma remota a la red para recibir energía a través de VPP y pagar por ella un menor costo. Las decisiones que se toman en comunidad incluyen aspectos complejos como la definición del sistema de intercambio de energía entre los miembros de la comunidad, en especial con aquellos que están fuera de la zona geográfica de los prosumidores, definición de los esquemas tarifarios y de facturación para la energía generada y transada entre miembros de la comunidad, establecer como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad y definir si nuevos usuarios pueden unirse en la figura de agregador para transar energía en el mercado, entre otros.

Figura 2. Niveles de gobernanza para cada tipo de CE.





Fuente: Elaboración propia.

La CE nivel V agrupa a dos o más CE ya constituidas, como miembros de una nueva comunidad que se podría denominar como una Macro-comunidad. En este modelo, el más robusto de todos, es posible incluir todos los DER disponibles, a nivel de mercado, la figura del agregador toma importancia, al igual que disponer de una plataforma virtual que conecte los usuarios miembros de la comunidad que están distantes de la red de generación. Como una comunidad que integra varias comunidades, la toma de decisiones se hace más compleja y por tanto debe ser más cuidadosa. En este modelo, cada CE que la conforma, conserva su esquema de gobernanza determinado de acuerdo con su configuración, a excepción de las decisiones de tipo tarifario. Al hacer parte de otra comunidad mayor, se hace necesario configurar una representación tipo consejo de comunidad, en donde con representación de cada una de las comunidades que la constituye, se tomen las decisiones sobre inversiones relacionadas con la ampliación de la red, esquema tarifario global, reglas de agregación.

Esquemas transaccionales

Los esquemas transaccionales son fundamentales porque habilitan el cumplimiento de objetivos de las CE como el intercambio de energía que permitan el manejo óptimo de las fuentes de energía gestionables y no gestionables y el adecuado suministro a todos los usuarios forta-

leciendo la democratización de la energía. A partir del análisis de los casos referentes, se define el esquema transaccional para CE que se muestra en la Figura 3. Se trata de un modelo de capas y bloques que comprenden los elementos, actores y relaciones generales que componen el esquema transaccional. Para el caso de las CE estos esquemas deben incluir a los siguientes aspectos: consumidores y prosumidores, agregadores, DSO, recursos energéticos, entidades de regulación y supervisión y modelos de negocio.

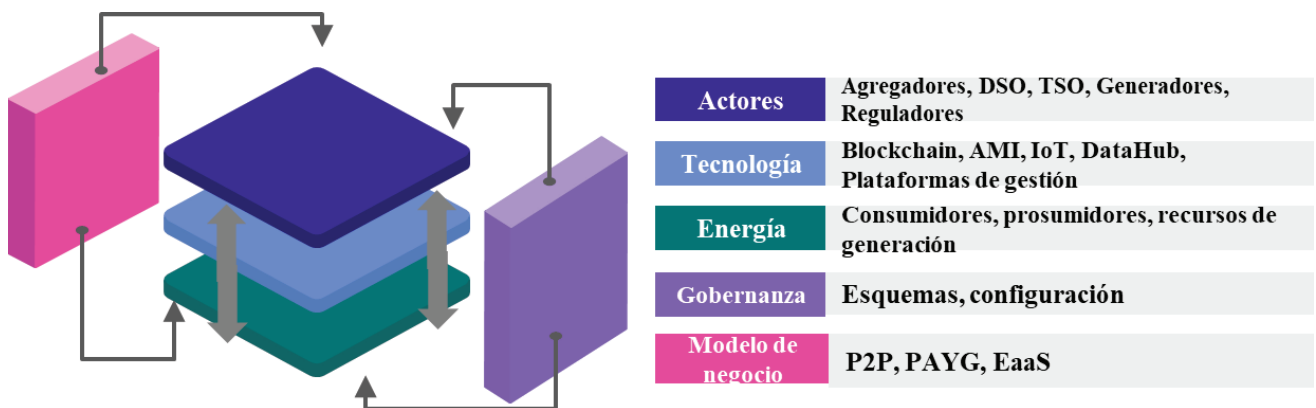
Las comunidades energéticas son una forma de producir y distribuir energía de manera más sostenible y justa, involucrando a los ciudadanos y comunidades locales en el proceso.

Los esquemas transaccionales se conforman por las siguientes capas:

- **Capa energía:** En ella se ubican todos los miembros de la comunidad directamente relacionados con los procesos de generación y consumo de energía: Consumidores, prosumidores y todos los recursos energéticos gestionables y no gestionables.
- **Capa tecnología:** Es la encargada de habilitar los flujos bidireccionales de potencia e información entre todos los elementos de la comunidad energética a través de tecnologías como Blockchain, infraestructuras de medición avanzada (AMI), centros de datos, dataHub y todas las plataformas de gestión de información.

- **Capa actores:** Hace referencia a todas las organizaciones y personas que interactúan cumpliendo funciones necesarias para la comunidad. Algunos ejemplos son los agregadores, empresas DSO, TSO, generadores y entidades de regulación, vigilancia y control.
- **Capa gobernanza:** Aquí se ubican los elementos y acciones necesarios para conformar las configuraciones, esquemas y reglas bajo las cuales opera la CE.
- **Capa modelo de negocio:** También podría llamarse Mercado de Energía, se refiere a todos los modelos económicos y de intercambio de bienes y servicios como por ejemplo P2P, Energía como Servicios (EaaS), Pago por uso (PAYG), trueques, donaciones.

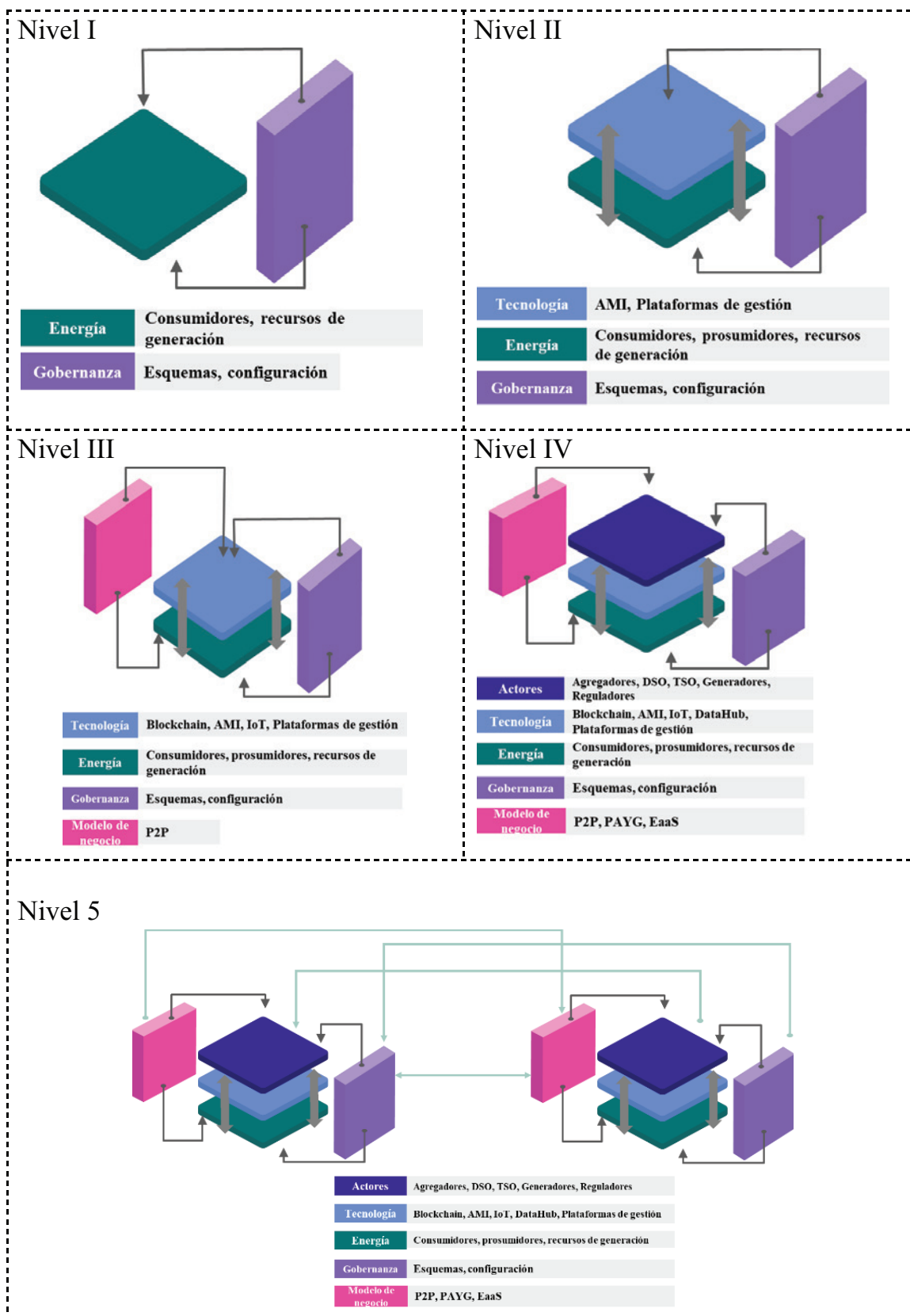
Figura 3. Esquema transaccional general para CE



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el tipo de comunidad, entre las diferentes capas se intercambia información técnica o comercial, como disponibilidades de flexibilidad de generación o de demanda, flujos de energía, comunicaciones, dinero, tokens, entre otros. Es importante tener en cuenta que el esquema transaccional está determinado por la presencia e interrelación de todas las capas.

Figura 4. Esquemas transaccionales para cada tipo de CE



Fuente: Elaboración propia

Al establecer únicamente el modelo de negocios (por ejemplo, P2P) o la tecnología a utilizar (por ejemplo, Blockchain), el esquema transaccional queda incompleto. Por lo tanto, para cada referente o piloto de CE tiene un arreglo particular para realizar sus transacciones que permita satisfacer las necesidades y objetivos.

La Figura 4 muestra los esquemas transaccionales particulares para cada modelo.

ANÁLISIS DE BRECHAS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN

Con base en los niveles establecidos y las experiencias nacionales, se realizó un ejercicio cualitativo de identificación y calificación (con el grupo de trabajo colaborativo de demanda activa de Colombia Inteligente) de brechas para

la implementación de comunidades energéticas y en general para la gestión de servicios energéticos a cargo de una comunidad. Las brechas identificadas para las Comunidades Energéticas se han clasificado en: i) Sociales, ii) Tecnológicas, iii) Ambientales, iv) Financieras y v) Políticas y regulatorias. Para cada clasificación, se presenta la valoración de cada una de acuerdo con el nivel de impacto evaluado en un ejercicio colaborativo con varias entidades del sector (dificultad para desarrollar una CE), así: Ninguno (1), bajo (2), medio (3), alto (4), muy alto (5) y las acciones de mitigación.

Sociales

Estas brechas corresponden a aquellas debidas a la interacción entre miembros de la comunidad (ver tabla 3).

Tabla 3. Brechas sociales para el desarrollo de Comunidades Energéticas

ID	Brecha	Impacto
S1	Dificultades para la creación del grupo gestor y posterior crecimiento de la comunidad.	5
S2	No existen incentivos para que las comunidades energéticas se constituyan como actores activos para mitigar la pobreza energética.	4
S3	No hay suficiente nivel de conocimiento para constituir, administrar y poseer proyectos de energía, particularmente aquellas ubicadas en zonas alejadas.	4
S4	No hay suficiente conocimiento acerca de las diferentes tecnologías de generación y plataformas de manejo de datos por parte de las comunidades (es difícil lograr la participación activa y la toma de decisiones de los miembros teniendo en cuenta esa limitación).	3
S5	Falta de información y formación de la ciudadanía en materia energética (GEE) que limita en gran medida la participación de la comunidad.	3
S6	Falta de caracterización de las comunidades (estado, necesidades, potenciales, identificación de problemáticas y soluciones locales) ¿Cuál es el nivel de “poder” de la comunidad para resolver sus problemas (empoderar)?	4
S7	Falta de canales habilitados para manifestar sus problemáticas.	3

Fuente: Elaboración propia

Tecnológicas

Estas brechas están relacionadas con el acceso y conocimiento a nivel de las tecnologías relacionadas con la gestión energética y en general de la función y operación de una comunidad energética (ver tabla 4)

Tabla 4. Brechas tecnológicas para el desarrollo de Comunidades Energéticas

ID	Brecha	Impacto
T1	No se tienen herramientas técnicas para definir la arquitectura tecnológica y el esquema transaccional de la comunidad.	5
T2	No están ampliamente establecidos y difundidos los desarrollos tecnológicos que permitan los intercambios de energía entre pares y la comercialización de energía mediante esquemas diferentes al tradicional.	4
T3	Desconocimiento de las tecnologías que resuelven las necesidades energéticas dificulta la caracterización y selección de un modelo tipo (guía) para diseñar y desarrollar una CE.	4
T4	No existen mecanismos establecidos para identificar proveedores de tecnología.	4
T5	Desconocimiento por parte de las comunidades sobre los beneficios económicos, energéticos y ambientales asociados al uso de nuevas tecnologías.	4

Fuente: Elaboración propia

Ambientales

Desde el punto de vista ambiental pueden existir algunas brechas relacionadas con la generación de residuos en la operación de las tecnologías de generación, aunque en general, las CE deben su constitución a la necesidad de gestionar su propia energía usando sistemas renovables o de menor impacto al medio ambiente (ver tabla 5).

Tabla 5. Brechas sociales para para el desarrollo de Comunidades Energéticas

ID	Brecha	Impacto
A1	Oposición por parte de la comunidad debido a que tecnologías puedan impactar el medio ambiente (por ejemplo, parques eólicos o fotovoltaicos tienen un impacto en el paisaje, y uso del suelo, etc.)	3
A2	Generación de residuos y la disposición final por operación de los sistemas de energía renovables (Generación por biogestor).	2
A3	Contaminación de suelos y fuentes acuíferas por residuos de sistemas de autogeneración con fuentes convencionales.	2

Fuente: Elaboración propia

Financieras

En estas se incluyen aquellas brechas relacionadas con los recursos económicos y financieros necesarios para la creación, implementación y funcionamiento de las comunidades energéticas, los cuales pueden ser quienes generen mayores limitantes a la hora de emprender un proyecto de esta naturaleza (ver tabla 6).

Tabla 6. Brechas financieras para para el desarrollo de Comunidades Energéticas

ID	Brecha	Impacto
F1	No existen mecanismos generalizado de subvención y financiamiento para el desarrollo específicos de proyectos de comunidades energéticas.	5
F2	Alta inversión inicial de los proyectos de CE.	5
F3	Altos costos de las energías renovables frente a los sistemas fósiles, particularmente en los sistemas aislados.	4
F4	Incremento de los costos logísticos para la prestación del servicio de energía, principalmente por la dificultad de acceso (por ejemplo, en zonas aisladas).	4
F5	No existen mecanismos de protección del usuario ante la insolvencia de la CE.	4
F6	Falta de esquemas para la generación de ingresos (procesos productivos).	3
F7	Dificultad de recursos (proyectados) para garantizar el AOM de la CE.	5

Fuente: Elaboración propia



Políticas y regulatorias

En ese sentido, se presentan las brechas desde el punto de vista de la legislación, la regulación y de políticas públicas que habilitan la creación de comunidades energéticas en el territorio colombiano (ver tabla 7).

Tabla 7. Brechas políticas y regulatorias para para el desarrollo de Comunidades Energéticas

ID	Brecha	Impacto
PR1	No están claramente establecidos ni regulados los actores y los mercados energéticos asociados a las CE (transacción energética y gestión servicios DER).	5
PR2	No existen mecanismos regulatorios que permitan los intercambios de energía entre pares y la comercialización de energía mediante esquemas diferentes al tradicional.	5
PR3	No hay políticas a nivel nacional y local para fomentar el establecimiento y la gestión de comunidades energéticas.	4
PR4	No hay una definición clara de los trámites administrativos necesarios para la constitución de este tipo de proyectos.	4
PR5	Ausencia de lineamientos y herramientas para formación y financiación a las entidades locales para que actúen como promotoras de las comunidades energéticas y para que este tipo de proyectos sean viables.	4
PR6	Poca difusión entre las comunidades de los mecanismos de fomento en proyectos de energías renovables comunitarios para fortalecer los usos productivos de la energía.	4
PR7	No se dispone de licencias y permisos para la implementación de proyectos de este tipo.	4
PR8	Ausencia de mecanismos de gestión de la información (no se logra identificar una comunidad con las entidades territoriales).	3
PR9	La limitación de los OR para desarrollar esquemas de CE (señales regulatorias para el no uso de los DER en su territorio).	3

Fuente: Elaboración propia

A partir de las brechas y presentadas, en la Tabla 8 se presentan de forma unificada las acciones, el responsable y el horizonte de ejecución para mitigar el efecto de cada una de las brechas de acuerdo con la clasificación establecida

previamente. Se debe tener en cuenta que el Corto Plazo (CP) es hasta mediados del 2023, el Mediano Plazo (MP) cubre 2 años a partir del segundo semestre del 2023 y Largo Plazo (LP) en los años siguientes.

Tabla 8. Acciones de mitigación para las brechas propuestas

Acción	Brecha	Responsable de la acción	Horizonte
Valorar potencialidades de los miembros.	A2	Comunidades, entidades regionales, MINMINAS, IPSE	Corto plazo
Visibilizar y difundir beneficios de las CE a miembros potenciales.	A1	Comunidades	Corto plazo
Definir los criterios para acceder a estas líneas de financiación y que se pueda garantizar los recursos.	F1	MINMINAS, FENOGE, CREG, UPME	Corto plazo
Establecer mecanismos de financiación específicos para el inicio del proyecto.	F2	MINMINAS, FENOGE, CREG, Comunidades	Corto plazo
Establecer una mesa de trabajo que identifique las necesidades específicas de mercado.	PR1, PR9	MINMINAS, CREG, Utilities, UPME	Corto plazo
Establecer una mesa de trabajo que promueva y defina regulaciones y mecanismos que permitan intercambios de energía entre pares.	PR2, PR9	MINMINAS, CREG, Utilities, UPME	Corto plazo
Desarrollar programas de para los grupos gestores.	A2, T5, F2	MINMINAS, IPSE, comunidades, entidades aliadas	Corto plazo
Difundir beneficios de las CE.	A1, PR3, PR6, PR8	MINMINAS, IPSE, comunidades, entidades aliadas	Corto plazo
Establecer una mesa de trabajo que identifique las necesidades específicas de mercado, defina regulaciones y mecanismos.	F3, F4, F5, PR1, PR2, PR3, PR5, PR8, PR9	MINMINAS, IPSE, comunidades, entidades aliadas	Corto plazo
Concientización para reducir pobreza energética	A2	Entidades regionales, MINMINAS, IPSE, FENOGE, UPME	Mediano plazo
Segmentar a los usuarios	A3, A5	Comunidades energéticas, academia	Mediano plazo

Mecanismos de acceso continuo a los datos y la información.	A4	MINMINAS, IPSE, CREG, FENOGE, UPME	Mediano plazo
Fortalecer las capacidades técnicas y académicas de los profesionales.	T1	Academia, MINMINAS, MinCiencias	Mediano plazo
Gestión de plataformas intercambio energético.	T2	MINMINAS, IPSE, UPME, Utilities, Academia	Mediano plazo
Establecer los modelos de comunidades bases para Colombia	T3	MINMINAS, IPSE, UPME, Entidades regionales, Academia	Mediano plazo
Promover participación activa de los miembros durante la implementación del proyecto.	A2	Comunidades	Mediano plazo
Reducir la amplitud del proyecto e iniciar con algo de menor volumen.	F2	Comunidades, Academia	Mediano plazo
Brindar capacitación y apoyo continuo en gestión energética	A3, A4, A5, A6	MINMINAS, IPSE, comunidades, entidades aliadas	Mediano plazo
Crear y difundir una base de datos con toda la información relacionada.	T4	MINMINAS, IPSE, UPME Entidades regionales	Largo plazo
Aprovechamiento de materiales	A3	Comunidades, MinAmbiente	Largo plazo
Crear alianzas para reducir costos de transporte y desarrollo en zonas aisladas.	F4	MINMINAS, IPSE, comunidades, entidades aliadas	Largo plazo

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo discutido en el presente artículo se puede concluir que las comunidades energéticas son una forma de producir y distribuir energía de manera más sostenible y justa, involucrando a los ciudadanos y comunidades locales en el proceso.

Estas pueden contribuir significativamente a la transición hacia sistemas energéticos más limpios y justos, ofreciendo oportunidades para la innovación social y tecnológica. De igual forma se ha destacado la importancia de la gobernanza participativa y la toma de decisio-

nes democráticas en la implementación de las comunidades energéticas, así como la necesidad de marcos regulatorios claros y favorables para su desarrollo.

De igual forma en este documento se plantearon cinco niveles de CE que pueden implementarse en Colombia, teniendo en cuenta los modelos de gobernanza y los esquemas transaccionales correspondientes. Para que un esquema de energía comunitaria pueda guiarse por alguno de los niveles propuestos se recomienda que la comunidad defina claramente sus objetivos energéticos y organizacionales, los recursos disponibles, los actores involucrados y el rol que debe cumplir cada uno.

Se recomienda incorporar tecnologías y procesos de formación para que el usuario final gestione eficientemente los recursos energéticos y para desarrollar comunidades energéticas que promuevan el uso compartido de los recursos y energías renovables. Estos modelos beneficiarían a usuarios y al medio ambiente, y fomentan el consumo sostenible. Se insta a los actores del sector energético a seguir explorando y promoviendo estas alternativas que involucren la activa participación de los usuarios y comunidades en la gestión de la energía. ■

REFERENCIAS

de Almeida, L., Cappelli, V., Klausmann, N., & van Soest, H. (2021). Peer-to-Peer Trading and Energy Community in the Electricity Market - Analysing the Literature on Law and Regulation and Looking Ahead to Future Challenges. Robert Schuman Centre for Advanced Studies .

Poque González, A. B., Viglio, J. E., & da Costa Ferreira, L. (2022). Energy communities in sustainable transitions: the South American case. *Sustainability in Debate*.

Bastos, A. F., & Trevizan, R. D. (2023). Feasibility of 100% Renewable-Energy-Powered Microgrids Serving Remote Communities. 2023 IEEE Power & Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference (ISGT), (págs. pp. 1-5). Washington, DC, USA. doi:doi: 10.1109/ISGT51731.2023.10066456.

Blog EnergEIA. (2020). Blog EnergEIA. Obtenido de <https://medium.com/blog-energeia/piloto-de-intercambio-de-energ%C3%ADa-p2p-en-medell%C3%ADn-protagonista-en-reporte-de-irena-13ba4c13d0>

BWE. (2012). Community Wind Power local energy for local people international. Obtenido de https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/dokumente-englisch/publications/bwe_broschuere_buergerwindparks_engl_10-2012.pdf

Caramizaru, A., & Uihlein, A. (2020). Energy communities: an overview of energy and social innovation. Belgium: European Commission.

CIGRE. (2021). Documento Técnico Regulación , Normativa y Nuevos Mercados en Microrredes en el Sector Eléctrico Colombiano.

Colombia Inteligente. (2020). Recursos Energéticos Distribuidos Acciones para su Integración. Medellín, Colombia.

Departamento Nacional de Planeación. (2022). Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026.

- Di Fazio, A., Losi, A., Russo, M., Cacace, F., Conte, F., Iannello, G., . . . Saviozzi, M. (2022). Methods and Tools for the Management of Renewable Energy Communities: the ComER project. 2022 AEIT International Annual Conference (AEIT), (págs. 1-6). Rome, Italy.
- Fajardo García , G., & Frantzeskaki , M. (2021). Las comunidades energéticas en Grecia . REVERSCO. Revista de Estudios Cooperativos.
- Felice, A., Rakocevic, L., Leen, P., Messagie, M., Coosemans, T., & Ramirez Camargo, L. (2022). Renewable energy communities: Do they have a business case in Flanders? Applied Energy.
- Gipe, P. (2017). WIND-WORKS: Bürger-Windpark Lübke-Koog 25-Year Anniversary-A Review.
- González, F. M., & Balsategui, S. D. (2022). Energy Transition in Smart Cities: STARDUST Project. 2022 37th Conference on Design of Circuits and Integrated Circuits (DCIS), (págs. 01-05). Pamplona, Spain. doi: 10.1109/DCIS55711.2022.9970098
- Hanke, F., Guyet, R., & Feenstra, M. (2022). 12 - Energy communities' social role in a just energy transition. En R. G. Florian Hanke, Energy Communities (págs. 195-208). Academic Press.
- Heuinckx, S., Boveldt, G., Macharis, C., & Coosemans, T. (2022). Stakeholder objectives for joining an energy community: Flemish case studies. Energy policy, 162(112808).
- HIER. (2018). Local Energy Monitor | HIER opgewekt. .
- IEEE . (2017). IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers. IEEE Std 2030.7-2017, 1-43.
- IPSE. (2023). El IPSE priorizó las dos primeras Comunidades Energéticas de las zonas no interconectadas de Colombia en 2023. Obtenido de <https://ipse.gov.co/blog/2023/03/16/el-ipse-priorizo-las-dos-primeras-comunidades-energeticas-de-las-zonas-no-interconectadas-de-colombia-en-2023/>
- Larrea Basterra, M., & Bilbao Ozamiz, M. (2020). Modelos de Negocio en Recursos Distribuidos de Electricidad.
- Lode, M., Boveldt, G. t., Coosemans, T., & Ramirez Camargo, L. (2022). A transition perspective on Energy Communities: A systematic literature review and research agenda. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- Lopes, M., Henggeler Antunes, C., Janda, K., Peixoto, P., & Martins, N. (2016). The potential of energy behaviours in a smart(er) grid: Policy implications from a Portuguese exploratory study. Energy Policy, 233-245.
- Ministerio de Minas y Energía; UPME; ONUDY; Embajada Suiza en Colombia. (2021). Distritos térmicos en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Nagpal, H., Avramidis, I. -I., & Madureira, F. C. (2022). Local Energy Communities in Service of Sustainability and Grid Flexibility Provision: Hierarchical Management of Shared Energy Storage. IEEE Transactions on Sustainable Energy, 13(3), 1523-1535. doi:10.1109/TSTE.2022.3157193.
- NIST. (2017). Transactive Energy: An Overview. Obtenido de Smart Grid Group: <https://www.nist.gov/el/smart-grid-menu/hot-topics/transactive-energy-overview>
- ONUDI. (2023). Distritos Térmicos Colombia. Obtenido de <https://www.distritoenergetico.com/>
- RESCOop. (2019). EU projects - REScoop. .
- Rescoop.eu / Electra energy cooperativ e/ Heinrich Boell Foundation Office. (2021). Mapping the Social Impact of Energy Communities. Thessaloniki, Greece.
- Rodríguez, C. R., & Anuzis, A. J. (2021). Potencialidad para la Implementación de Comunidades Energéticas Sustentables en la Provincia de Córdoba, Argentina. ENERLAC., 172 - 191.
- Sæle, H., Morch, A., Buonanno, A., Caliano, M., & Papadimitriou, M. D. (2022). Development of Energy Communities in Europe. 18th International Conference on the European Energy Market (EEM), (págs. 1-5). Ljubljana, Slovenia. doi: 10.1109/EEM54602.2022.9921054

Savelli, I., & Mosrty, T. (August 2021 de 2021). Better together: Harnessing social relationships in smart energy communities. *Energy Research & Social Science*, 78(102125).

Serena del Mar. (2023). Ciudades planeadas para el futuro con energías sostenibles. Obtenido de <https://serenadelmar.com.co/ciudades-planeadas-para-el-futuro-con-energias-sostenibles-distrito-termico-serena-del-mar/>

SHREC. (2020). Energy cooperatives united in the Netherlands | Interreg Europe. .

The European Community Power Coalition. (2016). Community energy: A practical Guide to Reclaiming Power. Obtenido de <https://communitypowercoalition.eu/>

Tierra. (2020). Comunidades Energéticas Renovables: Análisis del impacto energético y socioeconómico .

Verde, S., Rossetto, N., Ferrari, A., & Fonteneau, T. (2020). The Future of Renewable Energy Communities in the EU.