CONVENIO DE COOPERACION INTERNACIONAL GGC No. 632 de 2021 CELEBRADO ENTRE EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)

Alianza

Recomendaciones para el desarrollo de Comunidades Energéticas

Brechas y Acciones

Elaborado por:

JUAN MOLINA C.
LUISA BUITRAGO A.
SANDRA GIRALDO R.
SANDRA TÉLLEZ G.
MELISSA FLOREZ O.

Medellín
Diciembre, 2021

Alianza

Seguimiento

Versión	Elaboró	Revisó	Aprobó	Descripción modificación	Fecha

COLOMBIA INTELIGENTE

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una organización, entidad o empresa.

La veracidad de los datos recopilados y utilizados en el presente documento no es puesta en duda por parte de Colombia Inteligente, no haciéndose responsable por su exactitud ni su integridad. Los análisis, proyecciones y estimaciones que se presentan en este documento reflejan distintos supuestos definidos por el grupo de trabajo, los cuales podrán o no estar sujetos a discusión.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2021 ©

Recomendaciones para el desarrollo de Comunidades Energéticas
Brechas y Acciones

Las comunidades energéticas son importantes dado que permiten articular a sus ciudadanos entorno a sus necesidades energéticas y sostenibilidad de su territorio. A su vez, gestionar la integración de diversas tecnologías; generación de energía a través de fuentes renovables, el uso de medidores inteligentes que ayuden al empoderamiento del usuario y este tenga un mayor control sobre sus consumos de energía, la implantación de cargadores y el uso de vehículos eléctricos que ayuden a mejorar la calidad del aire, la implementación de microrredes y el uso de almacenamiento de energía térmica que permita calentar o enfriar espacios.

Las Experiencias de comunidades energéticas en Colombia están basadas en iniciativas que son llevadas a cabo por pequeños productores en comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas, así como aquellos proyectos realizados por instituciones gubernamentales que están desarrollando proyectos para producir su energía con recursos locales. En este grupo, se encuentran los distritos térmicos, los proyectos P2P y los sistemas de generación fotovoltaica administrados por empresas privadas o por pequeñas comunidades. El esquema desarrollado en Colombia más cercano a una comunidad energética se encuentra ubicado en la ciudad de Medellín, el cual consiste en una iniciativa de energía P2P a través de una comunidad de energía solar impulsa por actores de la academia y empresas del sector eléctrico.

De las experiencias nacionales es importante resaltar el compromiso de las entidades públicas para incentivar la participación ciudadana, algunos de los eventos llevados a cabo fueron el reto de comunidades energéticas 2021, impulsado por el Ministerio de Minas y Energía, el cual tenía como objetivo buscar iniciativas innovadoras que, desde la participación ciudadana, y con base en la definición de comunidad energética, den solución a necesidades energéticas propias de su comunidad. Otra de las convocatorias está basada en la identificación de necesidades energéticas en la población que puedan ser gestionadas a través de las FNCER y la GEE, dicha convocatoria es impulsada por FENOGE.

Por otro lado, a nivel mundial se pueden encontrar ejemplos exitosos de proyectos de energía comunitaria en muchos países alrededor de los cinco continentes, pero este tipo de proyectos se han extendido particularmente en toda Europa. De acuerdo a esto, los principales modelos de participación en proyectos de energía comunitaria son los siguientes: las cooperativas energéticas, las iniciativas municipales y los movimientos ciudadanos facilitados por sistemas "*Crowfunding*" y "*Crowlending*". Los países con mayor número de proyectos de este tipo son Alemania, Dinamarca y Holanda. ES importante resaltar que las experiencias internacionales en este tema han mostrado como la integración de recursos energéticos distribuidos (DER), permite que los consumidores de energía tradicionales se conviertan en prosumidores, que pueden generar y consumir energía.

Pese al avance que Europa tiene frente a la constitución de comunidades energéticas debido a los beneficios de tipo ambiental en cuanto a la eliminación de uso de combustibles fósiles, la inversión en energías renovables, económico y social como la contribución a dinamizar la economía de las comunidades e integración de la comunidad en la gestión de su energía y eliminación de pobreza energética, en la actualidad, sigue siendo complejo de llevar a cabo principalmente por la existencia de conflictos internos al interior del grupo comunitario, y numerosos trámites burocráticos, alta carga administrativa y la falta de manejo adecuado de información relacionada con el concepto de comunidad energética como tal. Con base en la revisión de experiencias nacionales e internacionales para desarrollar un modelo de Comunidades Energéticas para Colombia se identifican los siguientes lineamientos divididos en 4 temáticas principales: el trabajo en comunidad, el fomento mediante política y regulación, habilitar recursos y tecnología, y actividades y fases para el diseño de comunidades energéticas.

Los lineamientos de trabajo en comunidad están relacionados directamente con los actores de la comunidad energética y el contexto en el cual se desenvuelven. En segundo lugar, los lineamientos de fomento de política y regulación incluyen aquellas labores que pueden habilitar el desarrollo de una comunidad energética, bien sea de orden de política pública o regulatoria. Por otro lado, los lineamientos para habilitar recursos y tecnologías pueden habilitar el desarrollo de una comunidad energética en el ámbito tecnológico. Finalmente, las actividades y fases para el desarrollo de una CE están ligadas con las siguientes actividades: Creación del grupo gestor, definición del esquema jurídico y los modelos de propiedad, definición de los servicios energéticos que presta la CE, definición de los esquemas de gobernanza, las estrategias de comunicación, la infraestructura de tecnologías habilitantes, la valoración de riesgos, las formas de financiación y sostenibilidad y finalmente la evaluación de los indicadores de desempeño.

A su vez, independiente del modelo de comunidad energética que se vaya a implementar, se deben tener en cuenta las fases de planeación, pre-constitución, constitución, ejecución, y evaluación.

Las lecciones aprendidas y mejores prácticas para la constitución de una CE están basadas en el funcionamiento de comunidades energéticas que se encuentran actualmente en operación, teniendo en cuenta que en Colombia el desarrollo de proyectos comunales energéticos es incipiente. Además, estas son contextualizadas al contexto nacional y se clasifican en las fases de implementación de la CE. Las lecciones aprendidas y las mejores prácticas de la fase de planeación están basadas en el levantamiento de la información, la sensibilización de la comunidad, las actividades de recolección de información preliminares, etc. Para la fase de pre-constitución están relacionadas con la participación de la ciudadanía en la implementación de las CE, las formas jurídicas que adoptarán y con la verificación de disponibilidades de recursos energéticos concordantes con las necesidades de la comunidad. Por otro lado, en la fase de constitución se relacionan las mejores prácticas y las lecciones aprendidas que tienen en cuenta la definición de intereses de las CE, el desarrollo de pilotos y la escogencia de tecnologías y esquemas a utilizar para habilitar los servicios energéticos previamente establecidos. En cuarto lugar, para la fase de ejecución las lecciones y mejores prácticas se basan en la verificación del cumplimiento de transacciones e indicadores energéticos; también en la disponibilidad de mecanismos de financiación y correcta ejecución de los recursos que garanticen la ejecución de las etapas posteriores de la CE. En último lugar la fase de evaluación considera aquellas lecciones aprendidas y mejores prácticas las cuales revisan los impactos de las CE, bien sean positivos o negativos. También la difusión de resultados para motivar el desarrollo de otra CE.

En la actualidad, el marco normativo del sector eléctrico no tiene definido el concepto de Comunidad Energética o equivalente. Ahora bien, si se considera de forma general que una "Comunidad Energética" se define como un grupo de personas, naturales o jurídicas, que se articulan de forma organizada para gestionar la solución a los problemas energéticos de su comunidad, el desarrollo de estas debiese considerar como mínimo 4 requerimientos fundamentales:

- El modelo de agrupación de los usuarios/ciudadanos.
- El modelo de integración de los recursos de energía (conexión de los recursos al sistema comunidad/externo).
- El modelo de transaccional (puede ser monetizable o no en función del modelo de negocio).
- El modelo de gobernanza para la toma de decisiones de la comunidad.

En la figura, se muestra el mapa de los documentos normativos más representativos a nivel de los organismos de acción comunal y de la autogeneración en el país.

Organismos de acción comunal

Leyes
Ley 19 de 1958 Art.22,23 y 24
Constitución Política de Colombia Articulo 38
Leyes 743 de 2002, 753 de 2002, 1551 de 2012, 1989 de 2019, 1955 de 2019.

Decretos
2350 de 2003, 890 de 2008, 1066 de 2015, 1158 de 2019

Políticas Nacionales
CONPES 3955 del 2018

Resoluciones
360 de 2005

Estatutos
Cada organización los desarrolla.

Propuestas
Modificación a la ley
Texto Definitivo Proyecto No. 115 de 2020 C

NORMATIVIDAD "COMUNAL APRENDE"

Autogeneración

Leyes
Ley 142 de 1994 y Ley 143 de 1994
Ley 1715 de 2014, Ley 2099 de 2021

Decretos
2469/14, 1073/15, 348/17

Políticas Nacionales
CONPES 3934 Crecimiento Verde
CONPES Transición Energética (en desarrollo).

Resoluciones
Res. CREG 084/96, , 156-157/11, 038/14, 030-038/18, 130/19, 018-166/20, 135/21, 174/21, Res. UPME 281/15 - Dxn Res. CREG 015/18
Transferencias MME Comunidades/Pueblos

Procedimiento
Cada empresa los desarrolla de acuerdo a la regulación (Recomendaciones Acuerdo CNO).

Propuestas:
Res. CREG (C) 002/2021 - Doc. CREG 002
Res. CREG (C) 173/2021
Lineamientos DER
PNER ZNI/SIN

COLOMBIA INTELIGENTE

Para el caso particular de las CE, la forma asociativa recomendada para satisfacer la implementación y desarrollo de comunidades energéticas son las Organizaciones comunitarias a excepción de las juntas de vivienda comunitaria, como el instrumento con la vocación concreta de promover el desarrollo de las comunidades a través de la autogestión, regida por principios de integración, solidaridad y participación. La comunidad energética podría ser considerada como un usuario del mercado eléctrico que le permita disfrutar del servicio de energía eléctrica en un solo bien inmueble o los bienes vecinos que conformen dicha comunidad (Por ejemplo, de acuerdo con su tamaño -MW o kWh/mes-, se podría constituir como un usuario no regulado, aunque para fomentar la participación de este tipo de usuarios, se podría considerar la actualización de los criterios para lograr una mayor cobertura, y por otra parte definir las reglas de comportamiento en el uso de transacciones entre pares ya sea regulado o no). Cabe destacar que la participación de los usuarios en el mercado eléctrico sin contemplar si se trata de usuarios regulados o no, por mandato legal debe hacerse a través de los comercializadores de energía eléctrica.

Ahora bien, en el país se identifican brechas que dificultan el desarrollo de las comunidades energéticas, estas brechas se han clasifican en 5 categorías:

- Sociales: dificultades en la creación del grupo gestor, el acceso a la información, la falta de conocimiento e incentivos focalizados.

- Tecnológicas: ausencia de herramientas tecnológicas para apoyar el diseño tecnológico, desconocimiento de las tecnologías relacionadas con las FNCER y la gestión eficiente de la energía y en general de la función y operación de una comunidad energética.

- Ambientales y Cambio Climático: relacionadas con la generación de residuos en la operación de las tecnologías utilizadas en la comunidad, el no uso de las comunidades energéticas como estrategia de mitigación GEI.

- Financieras: altos costos de inversión inicial, el alto costo de tecnologías no convencionales, limitaciones para acceder a líneas de financiación de los proyectos y cobertura ante la insolvencia de la comunidad.

- Política pública y reglamentación: ausencia de reglas que promuevan proyectos comunitarios dentro de los mecanismos vigentes de participación de la demanda, ausencia de beneficios para el desarrollo sostenible en el POT y limitaciones a los OR para promover el uso de los DER en una CE ubicada en su área de influencia.

A continuación, se muestran 27 acciones para fomentar el desarrollo de las CE en Colombia.

COLOMBIA INTELIGENTE

ID	Acción	Brecha	Responsable de la acción	Horizonte
APIG1	Usuario CE en los mecanismos de participación de la demanda y las reglas de comportamiento P2P	PR2, PR3, PR4, PR7, PR9	MINENERGÍA, CREG	CP
APIG2	Proyecto CE en la Transformación ZNI	PIG2	MINENERGÍA, IPSE	CP
APIG3	Proyectos CE con acceso a recursos PROURE	PIG1	MINENERGÍA, UPME	CP
APIG4	Proyectos CE en línea Sustitución energética y nuevas tecnologías	PIG4	MINENERGÍA, UPME	CP
APIG5	Mitigación GEI-CE en sistema de contabilidad (MRV)	PIG5	MINENERGÍA	CP
APIG6	Proyectos CE en estructura administrativa y financiera de proyectos de inversión PIGCCme	PIG6	MINENERGÍA	CP
AGC3	Mecanismo de seguimiento para la identificación de aprendizajes y necesidades	PR1, PR3, PR5, PR9, PIG3	MINENERGÍA	CP
AT3	Difusión modelos CE para la apropiación por parte de la comunidad (Gobernanza, transaccional, arquitectura)	T3	MINENERGÍA, Academia	CP
AA3	Promover proyectos DER y de aprovechamiento de residuos	A4	MINENERGÍA, Academia, Comunidad	CP
AF1	Proyectos CE en criterios de elegibilidad para acceso a financiación (bancos, FENOGE, etc)	F1, F3	MINENERGÍA, FENOGE, CREG	CP
AGC1	Formación a grupos gestores CE	S1, S2, T5, F2	Entidades aliadas, Comunidad	CP
AF3	Proyectos CE por fases/escalables para la apropiación de la comunidad (Impulsar retos CE)	F2	Comunidades, academia, MINENERGÍA	CP
AGC2	Estrategia de comunicación para difundir beneficios CE	S5, F6, F2, F3, PR3, PR6, PR8	MINENERGÍA, Aliados estratégicos	CP
APR1	Uso comunitario de energía en el procedimiento de constitución de entes asociativos	PR1, PR4, PR9	MINENERGÍA, MININTERIOR	MP
APR2	Proyectos CE en el diseño POT (beneficios)	PR3, PR4	Gobierno local	MP
AA2	Estrategia de economía circular y disponer residuos finales CE (Baterías, paneles, etc.)	A3	Comunidades, MinAmbiente	MP
AT2	Estándares y protocolos en plataformas de gestión de información	T1, T2	MINENERGÍA, Icontec	MP
AGC4	Formación continua GEE y herramientas de autogestión	S3, S5, S6, S7 T5	Academia	MP
AT4	Portal web CE –requisitos/experiencias	PR6, T4	MINENERGÍA y aliados estratégicos	MP
AF2	Mecanismo de financiación para diseño/piloto y de protección financiera por insolvencia	F2, F5, F3, F7, PR3	Financiadores	MP
AT1	Fortalecer capacidades a profesionales de la CE y redes de contacto	T1	Academia	MP
AS1	Apropiar fortalezas comunidad y focalizarse en necesidades de esta para fortalecer CE	S1, S2, S3	Comunidades, aliados estratégicos	MP
AS3	Segmentar usuarios para incentivar participación en la CE	PR1, PR2, PR3, PR5, PR8, PR9	Comunidades, aliados estratégicos	MP
AA1	Mecanismo de comunicación continua para fomentar participación y apoyo	A1, A2	Comunidades, MINENERGÍA, aliados estratégicos	MP
AS2	Campañas concientización para reducción de la pobreza energética	S2, T5	Entidades regionales, MINENERGÍA, IPSE, FENOGE	MP
AS4	Acceso ágil a datos CE	S4	Aliados estratégicos	LP
AF4	Alianzas para reducir costos logísticos para zonas alejadas/aisladas	F4	Aliados estratégicos	LP

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla de Contenido

1. COMUNIDADES ENERGÉTICAS 10

1.1. Experiencias nacionales 11
1.1.1. Iniciativa Ciudades Energéticas 12
1.1.2. Comunidades solares 12
1.1.3. Proyecto Energía entre pares (P2P) 13
1.1.4. Distritos térmicos 13
1.1.5. Reto Comunidad Energética 2021 16
1.1.6. Convocatoria Retos y Necesidades Energéticas en Colombia 17
1.2. Experiencias internacionales 17
1.3. Modelos de Comunidad Energética 20
1.4. Lineamientos para el desarrollo de Comunidades Energéticas 33

2. ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS 36

2.1. Lecciones Aprendidas y Mejores Prácticas 36
2.2. Análisis Marco Normativo 38
2.2.1. Modelo de organización comunitaria 40
2.2.2. Mecanismo de toma de decisión 42
2.2.3. El Autoabastecimiento 43
2.2.4. La disponibilidad de la red para el suministro de energía 45
2.3. Brechas en Colombia 48
2.3.1. Sociales 48
2.3.2. Tecnológicas 48
2.3.3. Ambientales y Cambio Climático 49
2.3.4. Financieras 49
2.3.5. Política pública y reglamentación 49

3. ACCIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS 51

3.1. Diseñar Políticas Públicas y Reglamentación 51
3.2. Fomentar tecnología y financiación 51
3.3. Empoderar a la comunidad 52
3.4. Matriz de acciones 52

ANEXOS 55

ANEXO 1 Guia Diseño Comunidad Energética 55
ANEXO 2 Piloto RD – Comunidad 55

BIBLIOGRAFÍA 56

COLOMBIA INTELIGENTE

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de capas de interacción en las comunidades energéticas....22
Figura 2. Esquema de gobernanza comunidades energéticas....28
Figura *3*. Arquitectura tecnológica de comunidades energéticas....30
Figura 4. Actividades comunidades energéticas....34
Figura 5. Fases implementación CE....35
Figura 6. Marco Normativo Organismos de acción comunal-Autogeneración....39
Figura 7. Mapa de acciones desarrollo de CE....54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y fases en el desarrollo de CE....11
Tabla 2. Pilotos iniciativa Ciudad energética....12
Tabla 3. Proyectos de inversión fotovoltaicos....12
Tabla 4. Distritos térmicos en Colombia....14
Tabla 5. Propuestas segundo concurso de distritos térmicos....15
Tabla 6. Proyectos seleccionados Reto Cultura Energética 2021....16
Tabla 7. Temáticas convocatoria retos y necesidades energéticas....17
Tabla 8. Análisis comparativo comunidades energéticas....18
Tabla 9. Clasificación comunidades energéticas....20
Tabla 10. Criterios de decisión comunidades energéticas....21
Tabla 11. Capas del esquema de interacción....22
Tabla 12. Actores, roles, responsabilidades modelos de comunidades energéticas....23
Tabla 13. Decisiones que pueden ser tomadas al interior de la comunidad energética....29
Tabla 14. Análisis comparativo comunidades energéticas....31
Tabla 15. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de planeación....36
Tabla 16. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de pre-constitución....37
Tabla 17. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de constitución....37
Tabla 18. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de ejecución....38
Tabla 19. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de evaluación....38
Tabla 20. Competencias y órganos decisorios....42
Tabla 21. Tipos de alternativas de uso de la red para acceder al suministro de energía....46
Tabla 22. Brechas sociales....48
Tabla 23. Brechas tecnológicas....48
Tabla 24. Brechas ambientales y cambio climático....49
Tabla 25. Brechas financieras....49
Tabla 26. Brechas de política pública y reglamentación....50
Tabla 27. Acciones de Política Pública y Reglamentación....51
Tabla 28. Acciones de habilitación tecnológica y financiación....51
Tabla 29. Acciones para empoderar a la comunidad....52
Tabla 30. Matriz de acciones para el desarrollo de comunidades energéticas....53

COLOMBIA INTELIGENTE

1. COMUNIDADES ENERGÉTICAS

En Colombia, se han desarrollado diferentes estudios y acciones que han servido de base para lograr la transformación del usuario o ciudadano, generando una mayor consciencia sobre sus consumos de energía y por lo tanto sea un usuario más empoderado, entre ellos se destaca el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético[1], la estrategia de desarrollo de los programas de respuesta de la demanda desarrollada por Colombia Inteligente entre el 2017 a 2020 (Colombia Inteligente, 2019), recomendaciones para el desarrollo de las microrredes y esquemas asociados en el país (CIGRE Colombia, 2021), la hoja de ruta de la misión de transformación del Ministerio de Minas y Energía[2,3], el proyecto de Resolución " Por la cual se adopta el Plan Nacional de Electrificación Rural – PNER para las Zonas No Interconectadas - ZNI y para el Sistema Interconectado Nacional – SIN[4], el proyecto de Resolución "Por la cual se establecen lineamientos para la incorporación de los recursos energéticos distribuidos y el desarrollo de areneras regulatorias", entre otras acciones establecidas por ley, tales como la Ley 2069 de 2020[5] y la Ley 2099 de 2021[6], entre otras iniciativas en curso.

Bajo ese contexto, el presente estudio tiene como objetivo establecer las brechas y acciones para fomentar el desarrollo de las comunidad energéticas, entendida como "grupo de personas, naturales o jurídicas, que se articulan de forma organizada para gestionar la solución a los problemas energéticos de su comunidad". Se analizaron experiencias nacionales e internacionales para la identificación de tipos o modelos de comunidad energética como también brechas para su desarrollo. Si bien a la fecha en Colombia no existe el concepto de "Comunidad Energética - CE" en la normativa vigente (leyes, decretos o resoluciones) se destacan proyectos o iniciativas que fomentan la integración y uso de diferentes energéticos en diferentes actividades productivas tales como los distritos térmicos, ciudades energéticas, comunidades solares y *peer-to-peer*. Por otra parte, a nivel internacional, son diversas las experiencias que se describen como "Comunidades Energéticas", "Comunidades de Energía Renovable – REC" , "Comunidades Ciudadanas de Energía – CEC", "Comunidades solares", "Energía Comunitaria" y en la que se destacan las experiencias de Alemania, Holanda, Bélgica, Reino Unido, Grecia, España, Portugal, Dinamarca, Australia, USA, Costa Rica, Brasil y Chile.

Lo anterior permite establecer que no existe un concepto único, pero si se tienen atributos asociados a la cobertura del servicio de energía, la generación de conocimiento, el uso de tecnologías sostenibles (disminución de GEI) y el desarrollo de nuevos modelos negocio a nivel transaccional. Dado lo anterior, se pueden considerar 5 tipos de modelos orientados a:

1. **Red de conocimiento:** Este modelo de comunidad energética involucra la asociación de usuarios con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables.

2. **Espacios comunitarios:** Es el modelo 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 piscina, escuela, alumbrado o actividades conjuntas para el acceso a los recursos, pero con uso individual o focal.

3. **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. Se pueden incluir almacenamiento, movilidad sostenible, autogeneración o proyectos de gestión eficienciente de la energía.

[1] https://www.minenergia.gov.co/en/normatividad?idNorma=49094
[2] https://www.minenergia.gov.co/en/cartilla-mision-transformacion-energetica
[3] https://www.minenergia.gov.co/en/foros;jsessionid=4Lk8wYaIVSRWQdJKrJvv+ZOc.portal2?idForo=24268644
[4] https://www.minenergia.gov.co/en/foros?idForo=24316684&idLbl=Listado+de+Foros+de+Noviembre+De+2021
[5] https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202069%20DEL%2031%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202020.pdf
[6] https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202099%20DEL%2010%20DE%20JULIO%20DE%202021.pdf

4. **Comunidad transactiva:** Es un modelo de CE donde se 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 o utilizar los servicios energéticos de esta. Se pueden incluir almacenamiento, movilidad sostenible, autogeneración o proyectos de gestión eficienciente de la energía.

5. **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, eficiencia energética, almacenamiento, movilidad, servicios de asesoría en proyectos que involucren constitución de otras CE con uso o no de recursos energéticos.

La clasificación descrita anteriormente no indica que sean excluyentes y en general entre mayor sea la complejidad de la CE igual se identifica que igual se incluyen los alcances o pasos de las CE más básicas, tales como el fortalecimiento de conocimiento y el fortalecimiento de los lazos de la comunidad con el desarrollo de espacios comunitarios. De esta manera, independiente del modelo de CE a implementar, se deben considerar diferentes actividades y fases para el desarrollo de las mismas (ver Tabla 1).

Tabla 1. Actividades y fases en el desarrollo de CE
Fuente: Elaboración propia

Actividades para el diseño de la CE	Fases para la implementación de la CE
1. Crear el grupo gestor 2. Definir el esquema jurídico y los modelos de propiedad 3. Definir los servicios energéticos que va a prestar la CE 4. Definir la infraestructura tecnológica y los habilitantes de la CE 5. Valorar los riesgos de la CE 6. Definir los métodos de financiación y sostenibilidad 7. Definir el esquema de gobernanza de la CE 8. Definir las estrategias de comunicación 9. Definir y evaluar los indicadores de desempeño de la CE	1. Planeación (creación grupo gestor, necesidades y potenciales soluciones) 2. Pre-constitución de la CE (validación forma jurídica, participantes, gobernanza, esquemas transaccionales, financiación) 3. Constitución de la CE (oficialización forma jurídica, participantes, gobernanza, esquemas transaccionales, financiación) 4. Ejecución (uso y seguimiento) 5. Evaluación (indicadores de desempeño, socialización resultados y aprendizajes)

Una mayor información se podrá encontrar en los documentos:

1. Referenciamiento: estudio de experiencias internacionales y nacionales sobre las diferentes comunidades energéticas existentes o similares, teniendo en cuenta las tecnologías que se usan como base de funcionamiento.
2. Modelos de comunidad energética: estudio de modelos de comunidad energética, teniendo en cuenta los diferentes roles, los esquemas transaccionales de energía y la arquitectura tecnológica necesaria.
3. Guía comunidad energética: guía de diseño de una comunidad energética, y el derrotero para estructurar un piloto CE.

1.1. Experiencias nacionales

En Colombia, se encuentran iniciativas impulsadas por pequeños productores en comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas, así como instituciones gubernamentales que están desarrollando proyectos para producir su energía con recursos locales. En este grupo, se encuentran los distritos térmicos, los proyectos P2P y los sistemas de generación fotovoltaica administrados por empresas privadas o por pequeñas comunidades. El esquema desarrollado en Colombia más cercano a una comunidad energética se encuentra ubicado en la ciudad de Medellín, el cual consiste en una iniciativa de energía P2P a través de una comunidad de energía solar impulsa por actores de la academia y empresas del sector eléctrico.

A continuación, se presenta la referenciación relacionada con esquemas asociados a comunidades energéticas, a nivel nacional.

COLOMBIA INTELIGENTE

1.1.1. Iniciativa Ciudades Energéticas

En 2018, la Embajada de Suiza, Cooperación Económica y Desarrollo y la UPME unieron esfuerzos para desarrollar la iniciativa Ciudad Energética, orientada a introducir una herramienta implementada en otros países, con el fin de mejorar la calidad de la gestión energética en las ciudades colombianas elegidas como piloto (Corpoema, 2020). Con base en criterios principalmente de liderazgo institucional, territoriales (población, diversidad de pisos térmicos), ambientales y de sostenibilidad (potencial para energías renovables), fueron elegidas Fusagasugá, Montería y Pasto, el resumen de estos pilotos se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Pilotos iniciativa Ciudad energética
Fuente: Elaboración propia, con datos de (Corpoema, 2020)

Proyecto	Servicios	Tecnología	Resultados de operación
Vecinos Solares Fusagasugá	Reducir costos en la facturación de los usuarios públicos y privados, por medio de un modelo de agregación de demanda	Paneles solares fotovoltaicos	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 20,6 toneladas de CO_2 equivalente por año y la generación de energía por 125,6 megavatios-hora/año.
Colegio Solar/GEE Montería	Mejoramiento energético de un colegio con los objetivos de reducir los gastos operativos y las temperaturas dentro de los salones de clase a 27°C	Paneles solares fotovoltaicos	Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 5,8 toneladas de CO_2 equivalente por año, el ahorro de 35,5 megavatios-hora/año de energía a través de las medidas de eficiencia energética aplicadas y la generación de energía por 55,6 megavatios-hora/año.
Infraestructura bicicletas eléctricas Pasto	Ocho estaciones de recarga de bicicletas sobre un corredor universitario de la ciudad, y un parque de bicicletas eléctricas y mecánicas	Bicicletas eléctricas	La reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 85,1 toneladas de CO_2 equivalente por año, el ahorro de 312 megavatios-hora/año de energía a través de las medidas de eficiencia energética aplicadas y la generación de energía por 28,6 megavatios-hora/año.

1.1.2. Comunidades solares

En Colombia el uso de la energía solar, sistemas híbridos y microrredes se han convertido en una alternativa para generar electricidad en zonas remotas o rurales No interconectadas. En lo que respecta a la energía solar fotovoltaica se ha direccionado a electrificación de viviendas, sistemas de abastecimiento de agua, instituciones educativas, comunicaciones, centros de salud e iluminación, (Gómez-Ramírez, Murcia-Murcia, & Cabeza-Rojas, 2018).

En la Tabla 3 se señalan algunos proyectos de inversión en energía fotovoltaica desarrollados en Colombia desde el 2015, y que han beneficiado principalmente a comunidades aisladas.

Tabla 3. Proyectos de inversión fotovoltaicos
Fuente: Adaptado de (Gómez-Ramírez et al., 2018)

Depto.	Año	Municipio	Proyecto	Población beneficiada
Nariño	2015	Santa Bárbara de Iscuandé	Sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas y en la red de microscopios	307 familias (1290 personas)
Choco	2015	Puerto Abadía, Bajo Baudó	Energía solar en Concosta	62 familias (190 personas)
	2015	Parque Nacional Natural de Utria	Sistemas solares fotovoltaicos	-
	2016	Vereda Los Tibiri Alto y Atitiza- Acandi	Instalación de sistemas fotovoltaicos individuales para generación eléctrica	138 personas
Amazonas	2016	Resguardo indígena Ticoya San Martin de Amacayacú. Resguardo indígena Mocagua. Resguardo Santa Sofia, todos en Leticia	Implementación sistema solar fotovoltaico para el centro educativo y centro de salud del resguardo	340 personas
Arauca	2016	Veredas San Jose y Juriepe- Cravo Norte	Electrificación rural con generación fotovoltaica individual	39 personas

COLOMBIA INTELIGENTE

Depto.	Año	Municipio	Proyecto	Población beneficiada
Putumayo	2016	Centro educativo e internado Luis Vidales – Puerto Leguizamo	Implementación sistema solar fotovoltaico para el centro educativo e internado	98 personas
Vichada	2016	Centro educativo la Venturosa- Puerto Carreño y centro de salud	Implementación sistema solar fotovoltaico para el centro educativo y centro de salud	98 personas
Guajira	2016	Nazaret y puerto la Estrella-	Implementación sistema solar fotovoltaico para los usuarios localizados en el corredor entre Nazareth y Puerto Estrella, Alta Guajira	86 personas
	2016	Comunidades indígenas de Malirrachón, Ushyru, Mapuain, Manaure, Ampuita, Cuniche, Juluguaipa- Alta Guajira	Implementación sistema solar fotovoltaico para usuarios comunidades indígenas	100 personas

Es importante señalar que la ubicación geográfica privilegiada para la irradiación energética, el desarrollo de nuevas tecnologías, el auge de nuevos mercados de energías renovables no convencionales y los beneficios tributarios de la Ley 1715 del 2014 y Ley 2099 2021, han generado un entorno ideal para el desarrollo de pequeños y grandes proyectos basados en este tipo de energía.

1.1.3. Proyecto Energía entre pares (P2P)

La Iniciativa Energía Transactiva Colombia está desplegando una Comunidad de Energía Solar, que hizo uso de la co-creación como una herramienta para diseñar de manera colaborativa una solución de energía solar, con el objetivo de replicar y escalar estos modelos a través de un proceso participativo con actores clave (Lawrence, 2020; Márquez Marulanda, Manuel España, & Ortega Arango, 2020). La idea principal detrás de este proyecto es permitir a estos usuarios adquirir su energía de otras personas en la ciudad basándose en diferentes atributos tales como la porción de energía proveniente de fuentes renovables, la infraestructura de la generación y su ubicación.

En este proyecto de comunidad solar, son 27 usuarios, habitantes de la comuna 13 con participación de grupos comunitarios de reconocido liderazgo: Casa Kolacho, AgroArte y El Partido de Las Doñas quienes estarán conectados por medio de la plataforma NEU(Lawrence, Ortega, & España, 2021), la cual les permitirá a los usuarios gestionar su energía de manera colectiva buscando aumentar la eficiencia o generar nuevos ingresos a partir de los excedentes solares. Bajo las condiciones actuales de mercado, para las comunidades no es fácil hacer inversiones en tecnologías limpias. Tampoco está claro cuál es el mejor modelo de asociación para manejar un proyecto de energía comunitarios (IRENA, 2020). Por estas razones, este piloto busca generar un modelo de negocio, replicable y escalable, para que los usuarios de las comunidades energéticas se conviertan en un componente clave de la transición energética, y sigan fomentando la participación de las personas en nuevos negocios de energía.

Del piloto de energía entre pares P2P, hacen parte tres viviendas de bajo consumo, tres prosumidores de alto consumo, el centro comunitario Casa Kolacho (Centropolis, 2020), de la comuna 13 de Medellín, y seis viviendas de alto consumo, es decir 13 usuarios, cada uno de ellos conectados de manera independiente a la red de distribución, que forman una microrred virtual conectados a través de la plataforma de intercambio de energía NEU. El proyecto incluyó la instalación, desde julio de 2020, de 18 paneles solares en el techo de la casa cultural y en otros seis lugares en el Valle de Aburrá para que generen energía solar y formen un sistema tipo “microrred” en la que comparten la energía que cada uno genera con otras cinco viviendas conectadas, pero que no tienen paneles solares instalados. Este piloto surgió en 2019 fruto del diálogo con la academia y la empresa privada. Los mentores fueron EPM, Erco Energía, Universidad EIA y contaron con el apoyo del Newton Fund y University College London. Este es un piloto, pero podría implementarse una especie de certificado de origen y ahí es importante el atributo de energía renovable con causa social.

1.1.4. Distritos térmicos

Un distrito térmico podría considerarse como parte de los servicios energéticos al interior de una Comunidad Energética, de ahí su importancia de establecer su evolución en el país. Los distritos térmicos en Colombia tienen un potencial fuerte para aplicaciones de enfriamiento en centros comerciales y áreas comunes de zonas francas permanentes, así como en complejos universitarios, centros administrativos y grandes zonas residenciales en menor escala.

En el marco de un acuerdo de cooperación internacional entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la Agencia Presidencial de Cooperación (APC), Empresas Públicas de Medellín (EPM) y la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos del gobierno suizo (SECO), se desarrolló la ejecución del Proyecto "Distritos Térmicos en Colombia", que buscaba entre otros objetivos, identificar barreras y desarrollar proyectos piloto en cinco ciudades de Colombia (Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena y Bogotá) así como entregar recomendaciones para el desarrollo de distritos térmicos en el país (Mariaca, 2021).

En la Tabla 4 se puede observar un resumen de los distritos térmicos en el país. En la actualidad, está en curso la identificación de potenciales lugares y el desarrollo de concursos para identificar potenciales propuestas.

Tabla 4. Distritos térmicos en Colombia
Fuente: Elaboración propia

Nombre	Lugar	Estado	Servicios	Tecnología	Capacidad Térmica
Distrito térmico la alpujarra	Medellín	En operación	Enfriamiento	Generación con gas natural y energía eléctrica de SIN	3.600 TR-hora instaladas
Centro comercial Lo Nuestro,	Montería	En operación	Agua helada y energía eléctrica para el consumo	En este sistema se utiliza el concepto de CHP (*Combined Heat and Power*)	1.400 TR Instaladas
Serena del Mar	Cartagena	En operación	Suministro de agua helada, agua caliente	Generación con gas natural y energía eléctrica de SIN	1,544 TR instaladas
Air Liquide	Tocancipá	En operación	Energía eléctrica, agua fría y vapor, suministra nitrógeno al parque industrial Femsa	Turbina a gas, generación de vapor a partir de un sistema de cogeneración	5,54 MW con capacidad para dotar a la zona franca del 100% de energía eléctrica y térmica, y una producción de gas carbonatado de más de 50 toneladas diarias
Aldor y Plasticel	Cali	En desarrollo	Enfriamiento	Uso de Chillers y enfriadores de las mismas empresas	1645 TR

Las anteriores iniciativas no son un modelo de comunidades energéticas en el sentido estricto de la definición usada en Europa, sin embargo, muestra el potencial de constituir a partir de ellas, los primeros modelos e iniciativas de comunidades energéticas en el país.

Por ejemplo, A partir del 15 de junio de 2021, se abrió la convocatoria para el segundo concurso universitario en el país. En el podían participar estudiantes que hagan parte de grupos de investigación de todas las universidades públicas y privadas de Colombia, en carreras específicas, podrán presentarse con sus propuestas. La realización del concurso buscaba:

- Desarrollar un modelo de negocio para la venta de energía térmica para usuarios bajo el régimen de propiedad horizontal.
- Aplicar el modelo de negocio en un estudio de caso en el territorio colombiano.
- Contribuir a la ampliación del portafolio de servicios energéticos a nivel público y privado, generando beneficios económicos tanto para el proveedor como para el usuario final.
- Aportar al desarrollo de soluciones energéticas de alta eficiencia.

Las propuestas presentadas se muestran en la Tabla 5.

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla 5. Propuestas segundo concurso de distritos térmicos
Fuente: (Distritos Térmicos Colombia 2021, 2021)

Universidad	Nombre del Equipo	Propuesta
Universidad Autónoma De Bucaramanga	Ingeniería en Energía	Modelo de negocio de un distrito térmico para suministro de frío una Unidad residencial de 382 apartamentos, con una carga de 1537 TR, un hospital de 500 TR y un centro comercial de 800 TR. Debido al factor de simultaneidad entre los tres clientes principales, se realiza un análisis con una capacidad inicial del distrito de 1704 TR.
Universidad Autónoma del Caribe	Grupo GIMMA	El uso de un Distrito Térmico de enfriamiento, como remplazo del uso de aires acondicionados tradicionales, este modelo de negocio se realizó bajo el marco de propiedad horizontal.
Universidad de Antioquia	Hope City	La implementación de distritos térmicos los cuales utilizan calor de desecho para satisfacer las necesidades de aire acondicionado de la población, con lo que se racionaliza el uso de la energía mientras se reducen las emisiones de GEI.
Universidad de la Sabana	Equipo Semillero GEMA	Creación de una empresa de servicio energéticos (ESE) que se dedicara al abastecimiento de agua helada a partir de un distrito térmico con el fin de acondicionar los espacios habitables del conjunto residencial del caso de estudio.
Universidad del Atlántico	Grupo karibe	Se Plantea la tokenización de los activos del distrito térmico para reducir el servicio a la deuda del proyecto, contribuir al cierre financiero del proyecto y sobre todo a la propuesta de valor la opción de acondicionamiento aire por parte del distrito térmico
Universidad del Valle	Sistemas Hidroenergéticos de Generación	Este proyecto propone un modelo de negocio basado en la refrigeración como servicio, con el uso eficiente de la energía y la preservación del medio ambiente gracias a la implementación de nuevas tecnologías, particularmente en los sectores urbanos
Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Equipo Frío Bendito	Venta de energía térmica para la distribución de agua de enfriamiento hacia equipos tipo fan coil
Universidad Pontificia Bolivariana	DT UPB-2	Se propone un caso hipotético de una empresa de carácter privado de régimen común, encargada de la administración de la planta productora de energía térmica para posteriormente ofrecer los servicios de suministro de agua helada para aire acondicionado destinado para uso residencial

La premiación fue la siguiente:

- TERCER PUESTO: Equipo Sistemas hidro energéticos – SHG de la Universidad del Valle.
- SEGUNDO PUESTO: Equipo Frío Bendito de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- PRIMER PUESTO: Equipo Semillero GEMA de la Universidad de La Sabana.

A su vez, durante el 2021, se diseñaron convocatorias con el objetivo de dinamizar el mercado de estas infraestructuras en el país, incentivando el uso de Distritos Térmicos a diferentes escalas del mercado e incentivar la participación de diferentes sectores productivos y de servicios. Para cumplir este objetivo, se brinda asistencia a las iniciativas que sean seleccionadas en el marco de la "Segunda convocatoria a proyectos de energía térmica como servicio tercerizado / Distritos térmicos para clínicas y hospitales en Colombia". Por el lado industrial se hace una convocatoria titulada "Tercer llamado a proyectos: Distritos Energéticos en la Industria Colombiana"(Distritos Térmicos Colombia 2021, 2021).

Los proyectos presentados deben desarrollar al menos una de las siguientes temáticas:

- Energía térmica como servicio tercerizado / Distrito Térmico.
- Medición real y distribución de costos de energía térmica.
- Aprovechamiento de Energías Renovables para la generación de Energía Térmica.
- Recuperación y aprovechamiento de Energías Residuales para la generación de Energía Térmica.

COLOMBIA INTELIGENTE

1.1.5. Reto Comunidad Energética 2021

El reto de comunidad energética impulsado por el Ministerio de Minas y Energía se presenta como el primer paso para incentivar la configuración de comunidades energéticas en el país. El reto busca iniciativas innovadoras que desde la participación ciudadana y, con base en la definición de comunidad energética, den solución a necesidades energéticas propias de su comunidad. En total se presentaron 24 propuestas, que proponían como solución al problema de su comunidad el uso de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica y térmica, el uso de biomasa para el mismo fin y el uso de energía eólica para el bombeo del agua. A través de mentorías en diversas áreas, tales como Gestión eficiente de la energía, Estrategia De Mitigación De Gases Efecto Invernadero, Soluciones basadas en la naturaleza, Emprendimiento e innovación socioambiental, Apropiación social, en las cuales se escuchaba la iniciativa y los mentores daban ideas para mejorar las propuestas, de las 24 inscritas se seleccionaron 10 las cuales se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Proyectos seleccionados Reto Cultura Energética 2021
Fuente: Elaboración propia

Nombre iniciativa	Ubicación	Problema energético a solucionar	Solución propuesta
Aerobomba Flor de la Guajira MEQ-Kayusiramana	Guajira	Desabastecimiento de agua y reducción de pobreza energética	Uso de molinos para bombeo de agua
Agua Limpia y Bienestar Para Todos	Bolívar	Desabastecimiento de agua potable y reducción de pobreza energética	Uso de paneles solares apoyados de un sistema de biogás
Biodigan-Sistema de inversión de biomasa para la producción de energía, a partir de los residuos orgánicos generados por la ganadería en la vereda El Páramo de Puente Nacional Santander	Santander	Gestión de residuos y el acceso a la energía alternativa de manera segura	Implementación de tecnología ambiental a partir del aprovechamiento y valorización de la biomasa residual generada por la ganadería en el sector como alternativa para la generación de energía; El mejoramiento de la gestión de residuos y un plan de sensibilización Conservación de bosques y paramo, siembra de especies nativas y cuidado de fuentes hídricas.
Comunidad Energética Villas del Rosario	Antioquia	Desabastecimiento de energía para alumbrado publico	Uso de luminarias solares fotovoltaicas en las principales vías de la comunidad.
Energías alternativas para el fortalecimiento productivo del comité Bufalero de la ACVC	Antioquia y Bolívar	Desabastecimiento de energía eléctrica para el tratamiento de los lácteos	Uso de un sistema solar fotovoltaico que facilite tanto la iluminación de la planta como los procesos de transformación y refrigeración
eSun	Cundinamarca	Brechas culturales, sociales, ambientales debidas a la baja calidad de los servicios públicos	Uso de paneles fotovoltaicos en las instalaciones de un colegio de la región con el fin de abarcar diferentes iniciativas que busquen la aceptación de las energías renovables a nivel local, la comprensión de compartir energía entre las familias, criterios de participación ciudadana y construcción colectiva de proyectos
Luus-Wayaa: ¡Somos Luz!	Guajira	Desabastecimiento de energía eléctrica	Instalación de paneles solares en la escuela de la región con el fin de mitigar el acceso a la energía en la región
LUZ VERDE PARA EDUCAR	Santander	Desabastecimiento de energía eléctrica en la escuela de la región	Instalación de un sistema de energía solar fotovoltaico hibrido (energía solar conectado a la red eléctrica), en la institución DELICIA MONCADA, que permita el desarrollo eficiente de las actividades educativas
Planta termo-solar con almacenamiento energético a través heliostatos con tecnología de torre central	Guajira	Desabastecimiento de energía eléctrica	Diseñar y construir una planta eléctrica termo-solar con almacenamiento energético por concentración de potencia en sales, a través de espejos heliostatos con tecnología de torre central. Diseñar y construir una subestación eléctrica tipo interruptor y medio de potencia de 50 MW, que permita la conexión de la planta eléctrica termo-solar con el sistema de trasmisión nacional STN. Diseñar y construir toda la red de interconexión eléctrica a un nivel de tensión de 500KV.

COLOMBIA INTELIGENTE

Nombre iniciativa	Ubicación	Problema energético a solucionar	Solución propuesta
Vivero con energía solar para iluminar las vidas y saberes ancestrales de las mujeres de Robles	Valle del cauca	Desabastecimiento de energía eléctrica, en el vivero donde se siembran y transforman plantas medicinales	Implementación de un sistema de módulos fotovoltaicos

De las propuestas mostradas, las tres finalistas fueron: 1) Aerobomba Flor de la Guajira MEQ-Kayusiramana. 2) Energías alternativas para el fortalecimiento productivo del comité Bufalero de la ACVC, y 3) Vivero con energía solar para iluminar las vidas y saberes ancestrales de las mujeres de Robles, esta última fue la ganadora y se benefició con 35 millones COP para la implementación del piloto.

1.1.6. Convocatoria Retos y Necesidades Energéticas en Colombia

Esta convocatoria realizada por FENOGE inició el 9 de diciembre de 2021 y va hasta el 15 de febrero de 2022, invita a todos los alcaldes, gobernadores y otros representantes o apoderados con capacidad jurídica en el sector público a postular las necesidades y retos energéticos a nivel municipal y departamental en Colombia (dirigida a edificaciones: administración territorial, servicios de salud, entidades educativas, escenarios deportivos), que puedan ser gestionadas a través de las FNCER y de la Gestión Eficiente de la Energía (GEE) (ver Tabla 7).

Tabla 7. Temáticas convocatoria retos y necesidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

FNCER	GEE
• SSFV con almacenamiento de energía para energizar edificaciones públicas que no cuenten con servicio de energía eléctrica y que no resulte viable la prestación del servicio mediante interconexión. • SSFV interconectados a la red que permitan disminuir el consumo de energía de la red convencional • Microrredes híbridas de FNCER que permitan disminuir o sustituir el consumo de fuentes fósiles de energía en edificaciones.	• Recambio o modernización de iluminación interior • Recambio o modernización de aires acondicionados y/o equipos de refrigeración • Adecuaciones locativas que permitan lograr un ahorro de energía • Adecuación de calderas • Adecuación de bombas y/o motores

Se asignaron $ 10.000.000.000 COP de recursos no reembolsables para materializar las soluciones asignadas en el marco de esta convocatoria.

1.2. Experiencias internacionales

Se pueden encontrar ejemplos exitosos de proyectos de energía comunitaria en muchos países alrededor de los cinco continentes, pero este tipo de proyectos se han extendido particularmente en toda Europa. Sin embargo, es importante mencionar que existen otras configuraciones de autogeneración y gestión de otro tipo de energía entre comunidades o grupos particulares de usuarios como son los llamados distritos térmicos, los jardines solares, los sistemas P2P y sistemas de energía transactiva donde las comunidades están involucrados generando o recibiendo la energía generada por terceros, que si bien no se configuran dentro de las variadas definiciones de comunidades energética, pueden ser parte integrante de una (Tounquet, De vos, Abada, Kielichowska, & Klessmann, 2020).

A continuación, se establece un cuadro comparativo entre las características generales de cada comunidad energética por país, lo que permite diferenciar y hallar las similitudes entre ellas (ver Tabla 8).

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla 8. Análisis comparativo comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Alemania	Distribución, suministro y producción de energía	• Cooperativa. • Asociación abierta y voluntaria. • Sociedades limitadas. • Sistemas moderadamente descentralizados	• PV, • eólica, • hídrica, • biomasa. • Calor y gas. • Vehículos eléctricos. • Servicios de ahorro energético	• Tasa menor de energía. Distribución de divididos anuales (2-3.5%). Reinversión de beneficios en proyectos renovables y tecnología. • Los excedentes de energía se venden y se reinvierte en proyectos de este tipo o en proyectos para beneficio de la comunidad. • Pagos por almacenamiento e inyección a la red
Holanda	• Producir, almacenar y compartir su propia energía. • Operar su propia micro red y participar del mercado de energía. Compensar CO2	• Cooperativas de asociación abierta y voluntaria la mayoría. • Membresía limitada: asociaciones de propietarios, asociaciones energéticas. • Miembros cerca de la utility	• PV. • Baterías. • Respuesta de la demanda y P2P con sistema de distribución. • Distrito térmico. • CHP. • Eólico. • Vehículos eléctricos	• Generación y suministro, autoconsumo a sus miembros. • Tasa de descuento en la factura energía. • Tarifas dinámicas de electricidad
Bélgica	• Produce y suple de electricidad verde. • Desarrollar proyectos de energía sustentable, descentralizados y democráticos. • Reducir emisiones CO2	• Cooperativa. • Adición semi-voluntaria. • Abierta a personas naturales y jurídica. • Controlado 100% por sus miembros	• PV, • Eólica • Hídrica. • Eficiencia energética, biomasa. • Almacenamiento. • Sistema interconectado nacional	• Suministro de energía a costo a sus miembros. • Pago de dividendos anuales (0-6%). • Certificados verdes.
Reino Unido	• Generación, venta, compartición, distribución electricidad a partir de renovables. • Compensación ambiental. • Reducción pobreza energética	• Cooperativas municipales. • Sociedades de beneficio comunitario. • Cooperativas de responsabilidad limitada	• Solar, • Eólica, • Hidráulico • Térmico	• Oferta de bonos. • Energía de bajo costo
Grecia	La producción, almacenamiento, consumo propio o venta de energía eléctrica, térmica o de refrigeración de plantas de fuentes de energía renovables o de cogeneración de energía eléctrica, o plantas híbridas establecidas en la región donde se encuentra la sede de la C.E. o incluso dentro de la región vecina de la C.E.	• Cooperativas civiles. Miembros personas físicas o jurídicas, de derecho público o privado, y autoridades locales y regionales, así como sus empresas. • Ningún miembro puede pertenecer a más de una CE, salvo que se trate de una persona jurídica pública o de una autoridad local. • Para constituir una CE se requiere la presencia mínima de cinco miembros.	• Solar • Eólica. • Distrito térmico. • Hídrico. • Biomasa	• Vecino unidad residencial, grupo de empresarios y autoridades locales. Sistema VPP. • Compensación en la factura. • Sin ánimo de lucro.

COLOMBIA INTELIGENTE

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
España	• Producción, • Autoconsumo suministro, • Eficiencia energética, • Comercialización	• Cooperativas de responsabilidad limitada. Pueden o no ser de la localidad de actuación de la comunidad	• Solar • Eficiencia energética. • Vehículos eléctricos. • Hidráulica • Biogás. • Cogeneración	• Energía autoconsumo compartido. • Excedentes
Portugal	• Generación, • Venta, • Compartición, distribución electricidad a partir de renovables.	• Participación abierta y voluntaria • Publico privado, • PERSONAS naturales	• Solar, • Almacenamiento	-
Dinamarca	• Producir, • Consumir, • Compartir, • Almacenar • 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
Australia	• Generación renovable, • Venta, • Distribución, compartición, almacenamiento	• Cooperativas, • Organizaciones comunitarias de naturaleza social	• Solar, • Eólica, • Hidro • Térmico	-
USA	• Producción, autoconsumo, distribución, compartición, comercialización.	Cooperativas locales	• Eficiencia energética. • Solar. • CHP. • Smart grid. • Eólica	-
Costa Rica	Electricidad a comunidades aisladas	Cooperativas locales aisladas, principalmente zona rural	• Solar, • Batería	-
Brasil	• Producción, • Autoconsumo, • Distribución, • Compartición, • Comercialización.	Cooperativas solares, comunidades con pobreza energética	• Solar, • Biomasa, • Hídrica	Microrred
Chile	• Producción, autoconsumo	• Cooperativas comunidades rurales	Solar	-

En general, estos ejemplos de comunidades energéticas muestran como la integración de recursos energéticos distribuidos (DER), permite que los consumidores de energía tradicionales se conviertan en prosumidores, que pueden generar y consumir energía. De esta manera, en Europa, estas comunidades tienen el reto promover la proactividad de la ciudadanía en la transición energética a gran escala al 2030. Por ejemplo, desde finales de 2016, la Comisión Europea en el marco del "Paquete de Invierno" propuso situar a la ciudadanía en el centro de la transición energética, de tal manera que estos tuvieran derecho a producir, consumir almacenar y vender su propia energía renovable(UE, 2020).

Los países con mayor número de comunidades energéticas son Alemania, Dinamarca y Holanda. Las iniciativas de comunidades energéticas existen en diferentes formas y tamaños, tan diversas como las propias comunidades, y la mayoría con fuertes vínculos y colaboración entre la comunidad y las autoridades locales, en donde los municipios y las empresas de servicios públicos son actores claves.

COLOMBIA INTELIGENTE

En general, para Europa, los principales modelos de participación ciudadana actuales son básicamente tres: las cooperativas energéticas, las iniciativas municipales y los movimientos ciudadanos facilitados por sistemas "Crowfunding" y "Crowlending". Algunas relativamente pequeñas, con pocos actores que solo desarrollan proyectos de energía renovables a pequeña escala (generalmente foto voltaica) o con esquemas complejos de intercambio de energía y algunas cooperativas de energía extremadamente grandes como Ecopower (Bélgica), que para 2019 contaba con más de 60.000 personas, poseía 22 turbinas eólicas, 3 instalaciones hidroeléctricas, 322 instalaciones solares, una instalación de cogeneración con aceite de colza y una fábrica de pellets. En general, la fuente más usada por estas comunidades para la generación de energía eléctrica es la solar fotovoltaica.

Pese al avance que Europa tiene frente a la constitución de comunidades energéticas debido a los beneficios de tipo ambiental en cuanto a la eliminación de uso de combustibles fósiles, la inversión en energías renovables, económico y social como la contribución a dinamizar la economía de las comunidades e integración de la comunidad en la gestión de su energía y eliminación de pobreza energética, en la actualidad, sigue siendo complejo llevar a cabo este tipo de proyectos principalmente por la existencia de conflictos internos al interior del grupo comunitario, necesidad de conseguir permisos o realizar complejos y numerosos trámites burocráticos, alta carga administrativa y la falta de manejo adecuado de información relacionada con el concepto de comunidad energética como tal. Sumado también a la presencia de ciertas amenazas de tipo económico, técnicas y sociales como la falta de financiación, disponibilidad de acuerdos de conexión a la red y en ocasiones hasta la oposición de la propia comunidad al uso de fuentes renovables (Bridge, 2019; Caramizaru & Uihlein, 2020; de la Tierra, 2020) ha tenido sus dificultades.

1.3. Modelos de Comunidad Energética

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. Son un modo de organización entre personas para poder plantear proyectos de generación de energías renovables, gestión eficiente de la energía, ahorro en los consumos o servicios de asesoría.

El modelo de comunidad energética a nivel general se puede clasificar como se muestra en la Tabla 9:

Tabla 9. Clasificación comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

Clasificación	Descripción
En término de las actividades	En general, las principales actividades están relacionadas con el impacto social y medioambiental que puede tener una comunidad energética
En términos de la estructura legal o jurídica	El primer elemento relacionado con la estructura legal implica que las CE funcionan de manera democrática.
En términos de objetivos y misión	Teniendo en cuenta que el fin principal de la comunidad energética es generar beneficios sociales y medioambientales en el entorno donde desarrolla su actividad.
En términos del modelo de mercado	La comunidad energética puede: • 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.

Para el correcto funcionamiento de los modelos propuestos en cada uno de ellos se deben establecer los actores, roles y responsabilidades, los actores se distinguen entre cuatro sectores distintos: la comunidad, el estado, el mercado de energía, y el sector terciario. Este último es un sector intermedio a los otros tres.

La gobernanza energética se define como la manera en que los diferentes actores de la comunidad energética participan en la toma de decisiones energéticas de la misma. 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.

COLOMBIA INTELIGENTE

Para complementar el esquema de gobernanza de cada modelo, a continuación, se listan las principales decisiones que son tomadas al interior de una CE, teniendo en cuenta las actividades de la CE según se trate de prácticas de política nacional y/o local, prácticas comerciales, o prácticas de gestión de la energía:

a. Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.
b. Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.
c. Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.
d. Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
e. Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).
f. Definir la estructura legal de la comunidad
g. Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía.
h. Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad.
i. Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
j. Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.
k. Seleccionar los DER y mecanismos adicionales para cumplir con los objetivos definidos al constituir la CE.
l. Definir el sistema transaccional de energía entre los miembros de la comunidad (según se describe en sección 1.3)
m. Definir el esquema de facturación para energía generada y transada entre miembros de la comunidad.
n. Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.
o. Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.
p. Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.
q. Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.
r. Gestionar los recursos para el correcto funcionamiento de la comunidad.
s. Proponer proyectos de inversión en energías para beneficio de la comunidad.
t. Proporcionar servicios de consultoría externa para conformación de otras comunidades.
u. Que mecanismos de control y seguimiento deben ser implementados a los procesos al interior de la comunidad.
v. Definir los costos de los servicios energéticos proporcionados.
w. Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE.
x. Definir la información que debe ser entregada a los miembros de la CE.
y. Apoyar a nuevas comunidades energéticas.

Dichas decisiones se toman a través de los criterios mostrados en la Tabla 10.

Tabla 10. Criterios de decisión comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de miembros/Elegibilidad	Abierto a todo tipo de personas naturales y jurídicas: • Personas naturales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Autoridades locales, incluidos municipios Decisión democrática, un miembro un voto o proporcional a la participación del miembro en la CE.
Propósito principal	• Prioriza los beneficios ambientales, económicos o sociales para la comunidad, sus accionistas/miembros y/o para las áreas locales donde opera, con respecto a los beneficios financieros. • Participación voluntaria abierta a todos los miembros potenciales basada en criterios no discriminatorios.
Propiedad y control	• Es autónomo (Para el caso de participaciones, ningún accionista individual puede poseer más del 33% de las acciones)

COLOMBIA INTELIGENTE

Criterio	Descripción
	• Limita el control efectivo de la gestión energética a sus miembros o accionistas locales como principales beneficiarios. • Las actividades diarias de la CE se pueden gestionar a través de juntas o consejos directivos (Elegidos democráticamente en la asamblea general, donde los vecinos, socios y/o los municipios están representados), también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). • Las decisiones sobre inversiones y en el caso de CE sin ánimo de lucro, la distribución de los rendimientos se realiza en la asamblea normalmente cada (pueden invertidas en la comunidad donde se ubica y/o miembros). • Decisiones respecto a nuevos proyectos deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo. • Limitación para accionistas del tipo empresas micro y pequeño cuya actividad principal sea la energía.

De igual manera, es importante estudiar los esquemas de interacción de las comunidades. Con base en los esquemas referentes se define el esquema de interacción para CE en Colombia el cual se muestra en la Figura 1. Se trata de un modelo de capas y bloques que comprenden los elementos, actores y relaciones generales que componen el esquema de interacción.

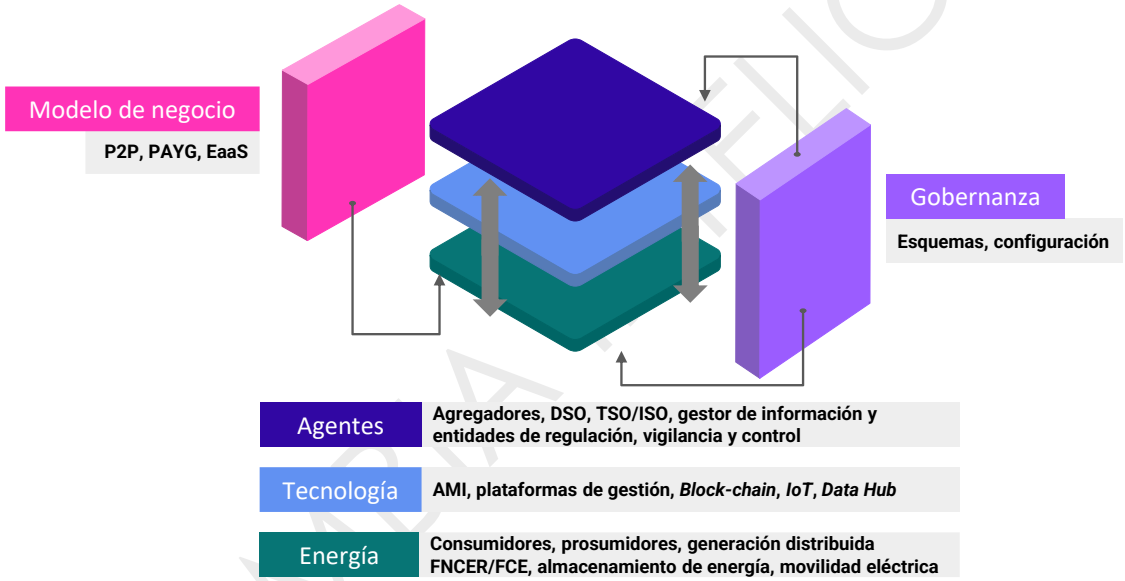


Figura 1. Modelo de capas de interacción en las comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 11 se describen las capas que componen el esquema de interacción y en los tipo de modelos de comunidad que se explican a continuación.

Tabla 11. Capas del esquema de interacción
Fuente: Elaboración propia

Capa	Descripción	MI	MII	MIII	MIV	MV
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.	X	X	X	X	X
Gobernanza	Aquí se ubican los elementos y acciones necesarios para conformar las configuraciones, esquemas y reglas bajo las cuales opera la CE.	X	X	X	X	X
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.		X	X	X	X

COLOMBIA INTELIGENTE

Capa	Descripción	MI	MII	MIII	MIV	MV
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, entre otros.			X	X	X
Agentes	Hace referencia a todas las organizaciones y personas que interactúan activamente en el uso de los servicios energéticos de la comunidad (adicionales a habilitar el suministro de energía). Algunos ejemplos son los agregadores, empresas DSO, TSO, generadores y entidades de regulación, vigilancia y control.				X	X

A su vez, es relevante considerar los requerimientos tecnológicos en cada modelo de CE. De esta manera, la arquitectura tecnológica utilizada en cada modelo, se presenta a través de la metodología SGAM y el Estándar IEC 62559 para construir los diagramas de secuencia y arquitectura de dominios y zonas.

De acuerdo a lo anterior, para el contexto colombiano se plantean cinco modelos de comunidades energéticas, los detalles se muestran a continuación.

- **El modelo I** representa la forma de CE más simple considerada dentro de las opciones propuestas para Colombia. Una comunidad energética que se configura como la asociación de usuarios que se agrupan con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables.
- **El modelo II** es un modelo que gestiona recursos energéticos instalados en espacios comunitarios (Escuelas, zonas deportivas, hospitales, universidades, etc.) para beneficio de la comunidad de la zona donde se ubica la instalación comunitaria.
- **El Modelo III** se refiere a comunidades creadas por prosumidores, que desempeñan el papel de tomadores de decisiones, inversores y clientes, que se unen para beneficiarse de condiciones especiales de financiación en la adquisición de activos (como compra a granel), para participar en mercados de flexibilidad, beneficiarse de iniciativas colectivas de gestión eficiente de la energía.
- **El Modelo IV** se asemeja al anterior en que permite transacciones de energía entre miembros de la CE que la generan con otros miembros que no lo hacen. Sin embargo, se diferencia en que este modelo permite incluir miembros que no estén dentro de la zona geográfica de las fuentes de autogeneración a través de tecnologías que permiten el intercambio de energía de forma remota.
- **El Modelo V** el cual es el más complejo de los modelos propuestos, podría hablarse de una CE compuesta por varias CE. En este modelo, 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, involucra actores como los agregadores, TSO, DSO y trading de energía.

Para cada uno de los modelos descritos anteriormente se identifican los actores, roles y responsabilidades mínimas para el soporte de la comunidad energética, los cuales se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Actores, roles, responsabilidades modelos de comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

Act.	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Estado	Entidades gubernamentales	• Simplificar las leyes y / o proporcionar mejor información y educación sobre las leyes • Cambio de actitud: enfoque de la CE como una oportunidad para nuevas y mejoradas regulaciones • Distinguir entre las necesidades de apoyo del mercado, el sector terciario o las comunidades	x	x	x	x	X

COLOMBIA INTELIGENTE

Act.	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Comunidad	Iniciadores: Son los actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario. Miembros de CE	• Incentivar acciones para cumplir las metas de la CE • Proponer proyectos para crecimiento de la CE • Estar preparado para momentos de fatiga voluntaria y procesos de formalización • Buscar información y apoyo de personas y organizaciones con experiencia	x	x	x	X	x
	Profesionales de apoyo a la comunidad (del gobierno, empresas y ONG)	• Desarrollar con la comunidad y / o apoyo lo que ha sido desarrollado por la comunidad, en lugar de desarrollar para la comunidad	x	x	x	x	x
Consumidor o Usuario final de energía	Miembro de la comunidad o no, que es consumidor de la energía producida por la CE y transportada a través de la red propiedad o no de esta. Los consumidores pueden recibir ayudas de instituciones financieras y gobiernos locales y/o se pueden asociar con empresas locales que tienen los recursos.	• Hacer uso adecuado de la energía que consume • Pagar de forma oportuna el costo de la energía consumida • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones • Reportar incidentes en la recepción de la energía • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo		x	x	x	x
Prosumidor	El usuario final o grupo de usuarios que consume, almacena, autogenera, participa en la flexibilidad o gestión eficiente de la energía. Tipos: residencial, empresarial, Industrial, Comunitario	• Operar y velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a la red, almacenarlo o compartirlo con otro miembro de la comunidad • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía		x	x	x	x
Comercializador mercado minorista	Es la entidad que compra la electricidad a los productores y la vende a los usuarios finales	• Adquirir la energía de los productores locales. • Abastecer energía cuando hay déficit de esta • Gestionar el sistema local de energía • Suministrar electricidad, gas y calor • Facturar los servicios de energía • Procurar un sistema de energía flexible				x	x
Agregador	Es la entidad que agrega una serie de usuarios finales y entidades que poseen o están directamente conectados a los recursos a nivel de distribución, como prosumidores, productores o cualquier combinación de ellos	• Brindar servicios a la red • Superar las restricciones de participación a través de mecanismos de agregación de usuarios • Establecer acuerdos contractuales con usuarios conectados directamente a los recursos de distribución (almacenamiento, generación distribuida, control de cargas, entre otros)				*x*	x

COLOMBIA INTELIGENTE

Act.	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
DSO	Responsable de gestionar activamente las redes locales y las conexiones de red. Puede ser parte de la CE o una unidad externa	• Asegurar la operación segura e independiente de la red • Planificar la distribución de la energía a través de la red • Velar con que haya un tratamiento no discriminatorio para cualquiera que se conecte y transporte energía eléctrica a través de la red • Velar por la calidad y estabilidad en el suministro de energía al usuario final • Facilitar el intercambio de energía entre los miembros de la comunidad energética, a través de la red • Proporcionar la información adecuada a la Comunidad energética • Mantener una colaboración estrecha con la CE para contribuir a que la participación de los usuarios sea cada vez mayor • Definir el esquema tarifario para la energía • Recolectar ofertas de mercado y liquidar • Recibir y responder a los requerimientos de conexión • Coordinar el mercado a nivel local • Servir de vínculo entre los generadores, el sistema de transmisión, y los usuarios finales			x	x	x
TSO/ISO	Responsable del transporte de energía y el balance del sistema. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Garantizar la circulación de energía en la red • Garantizar el balance en la red de suministro y demanda				x	x
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética.	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía		x	x	x	x
Agente facturador	Encargado de general los cobros del consumo energía	• Generar la facturación del consumo de energía por parte del usuario final				x	x
Comercializador mercado mayorista	Es la entidad que puede representar grandes volúmenes de energía en los mercados mayoristas y lograr un mejor posicionamiento y reducción de costos no energéticos	• Supervisar los mercados • Gestionar el riesgo de fluctuaciones en los precios de la energía ofreciendo decisiones minuto a minuto • Ofrecer capitalización de movimientos de precios y explotación de oportunidades de arbitraje					x

COLOMBIA INTELIGENTE

Act.	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Asamblea comunitaria/La comunidad	Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en si	• Proporcionar plataforma integrada de intercambio de energía • Contabilizar y facturar la energía suministrada a los miembros • Ser consumidores de la energía producida. • Velar por la recolección de facturación por prestación del servicio de energía • Flexibilizar la participación de los miembros • Reducir emisiones • Reducir la dependencia energética • Mejorar la seguridad en el suministro energético • Invertir en proyectos energéticos • Asumir el papel de DSO cuando se convierte en responsable de la gestión y el mantenimiento de su propia microrred • Cuando actúa como agregador, puede vender la flexibilidad agregada proporcionada por el despacho de generación, cargas controlables y sistemas de almacenamiento de energía en los mercados mayoristas de energía o al DSO • Crear herramientas y material de aprendizaje para ayudar a los "principiantes" - personas interesadas en lanzar una comunidad energética: mejores prácticas, documentos y manuales sobre cómo elegir el modelo de negocio adecuado, financiación, gestión, partes interesadas y democracia energética	x	x	x	x	x
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad	x	x	x	x	x
Compañías proveedoras de tecnología y servicios de energía	Proveedores de servicios de energía, tecnología y equipos a la CE y otros involucrados en el intercambio de energía	• Ofrecer servicios adicionales como gestión eficiente de la energía • Ofrecer servicios de reacondicionamiento energético de edificaciones • Proveer tecnología para la generación local de energía • Proveer tecnología para gestión eficiente de la energía • Proveer tecnología para la gestión de los sistemas de energía			x	x	(*)
Empresas prestadoras de servicios públicos	Se ocupa de la prestación de un servicio relacionado con la energía, como la generación, distribución, almacenamiento y suministro de energía o productos básicos relacionados con la energía, y otros servicios energéticos como la gestión eficiente de la energía, construcción, remodelación, instalación y mantenimiento de equipos o agregación	• Propiciar actividades para mejorar la gestión eficiente de la energía • Financiar, suministrar e instalar equipos eficientes energéticamente • Rehabilitar edificaciones en busca de mejor manejo de la energía • Gestión de los sistemas de generación local • Todas las actividades relacionadas con la optimización de perfiles energéticos individuales y / o comunitarios en respuesta a señales como precios dinámicos y/o la disponibilidad de renovables (generadas localmente)					x

COLOMBIA INTELIGENTE

Act.	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Entidades locales/Alcaldías	Es la entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones. Los proyectos que diseñan y realizan las comunidades energéticas también contribuyen a objetivos estratégicos de la política local y regional como gestión eficiente de la energía, reducción de pobreza energética, permitir que la comunidad sea más activa e impulsar el desarrollo económico del lugar.	• Adoptar normas y reglamentos locales para favorecer la energía en las CE • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a la energía comunitaria • Facilitar el dialogo entre actores de CE • Proporcionar recursos para financiación de proyectos de CE • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo • Compartir personal y recursos locales con las CE • Favorecer la compra de energía renovable de CE • Hacer parte de una CE • Contratar energía 100% renovable • Promover energía renovable en instalaciones publicas		x	x	x	x

(*) Para el caso del modelo V las empresas proveedoras de tecnología y servicios parten de los proveedores utilizados en las comunidades energéticas que se vinculan a un modelo tipo 5, por tal razón se asume que para el modelo V ya existe dicho actor.

De igual forma en la Figura 2 se muestran los esquemas de gobernanza, los cuales están basados en los criterios definidos por los tipos de usuarios, el propósito principal de cada modelo, la propiedad y el control y por último la elegibilidad de las CE. Con base en los criterios mencionados se proponen los siguientes esquemas de gobernanza.

COLOMBIA INTELIGENTE

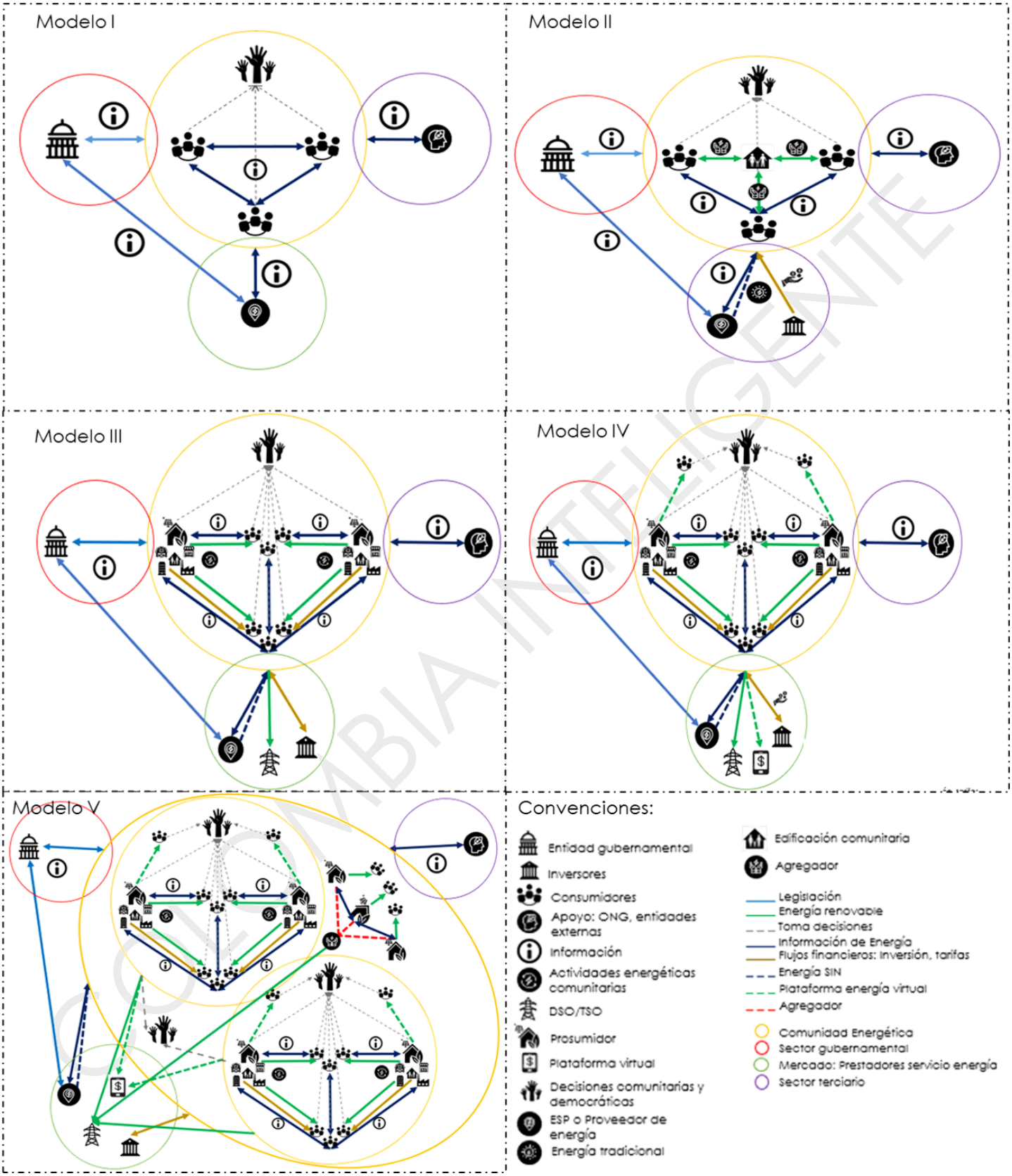


Figura 2. Esquema de gobernanza comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

COLOMBIA INTELIGENTE

De acuerdo a los esquemas anteriormente mostrados, las decisiones mínimas que se toman en los diferentes modelos son mostrados en la Tabla 13.

Tabla 13. Decisiones que pueden ser tomadas al interior de la comunidad energética
Fuente: Elaboración propia

Decisiones	MI	MII	MIII	MIV	MV
Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético	x	x	x		
Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía		x	x		
Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales	x	x	x		
Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía	x	x	x	x	x
Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos)	x	x	x		
Definir la estructura legal de la comunidad	x	x	x		
Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía		x	x		
Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad		x	x		
Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad		x	x	x	x
Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique		x	x		
Seleccionar los DER y mecanismos adicionales para cumplir con los objetivos definidos al constituir la CE			x		
Definir el sistema transaccional de energía entre los miembros de la comunidad (según se describe en sección 1.3)			x	x	x
Definir el esquema de facturación para energía generada y transada entre miembros de la comunidad			x	x	x
Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros			x	x	x
Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía			x	x	x
Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red			x	x	x
Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad			x	x	x
Gestionar los recursos para el correcto funcionamiento de la comunidad					x
Proponer proyectos de inversión en energías para beneficio de la comunidad					x
Proporcionar servicios de consultoría externa para conformación de otras comunidades					x
Que mecanismos de control y seguimiento deben ser implementados a los procesos al interior de la comunidad					x
Nuevos usuarios pueden unirse en la figura de agregador para transar energía en el mercado				x	x
Definir los costos de los servicios energéticos proporcionados				x	
Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE				x	x
Definir la información que debe ser entregada a los miembros de la CE					x
Apoyar a nuevas comunidades energéticas.					x

En la Figura 3, se muestra la arquitectura tecnológica de una comunidad energética referencial (Modelos IV o V), la cual identifica los requerimientos de intercambio de información, el uso de los recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas de gestión de la información de la instalación comunitaria. Es de destacar que en el caso de un modelo I no se requería de infraestructura con el TSO/ISO y solo el DSO requería información de comportamiento del consumo o de los DER si existiesen. Además, tanto en este como en el modelo II no se consideraría la gestión (individual o agregada) con el sistema DERMS. El modelo III si pudiese considerar un DERMS, pero sin servicios al TSO/ISO.

COPIA NO CONTROLADA

Arquitectura tecnológica

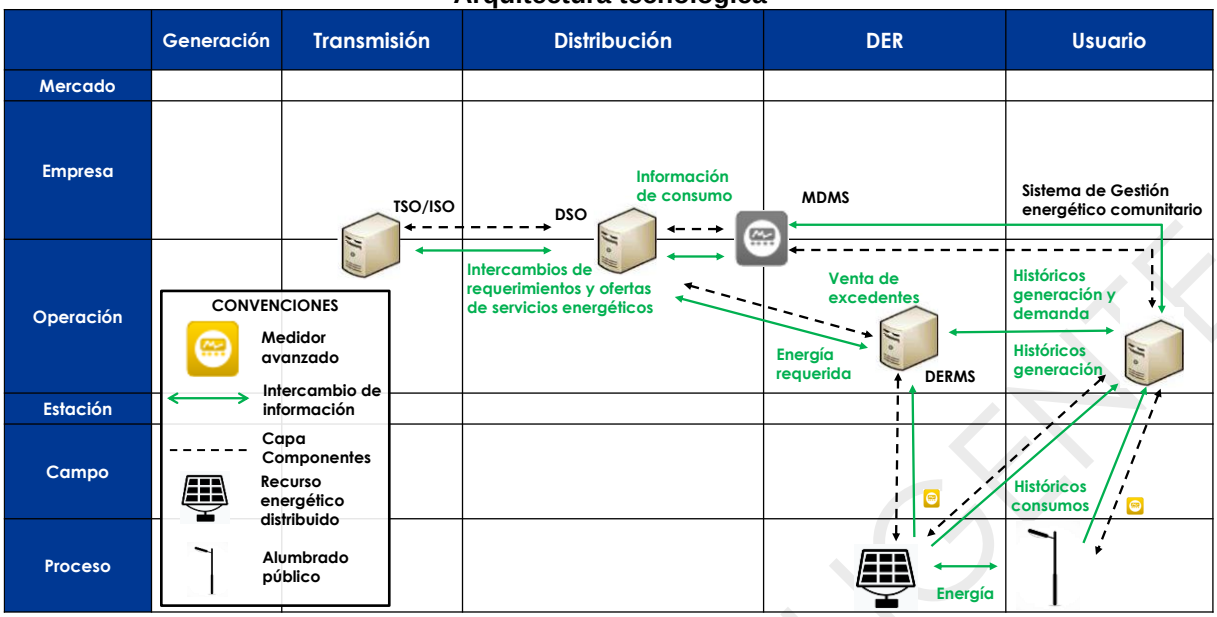


Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE

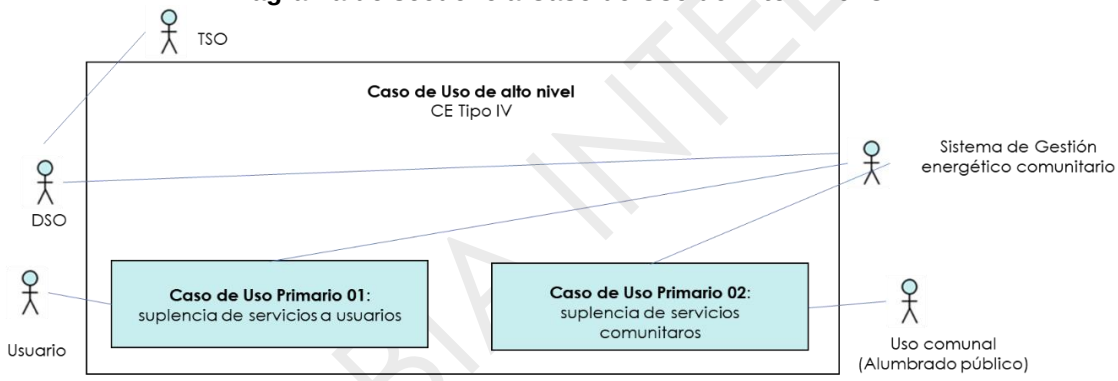


Diagrama de secuencia Caso de Uso Primario

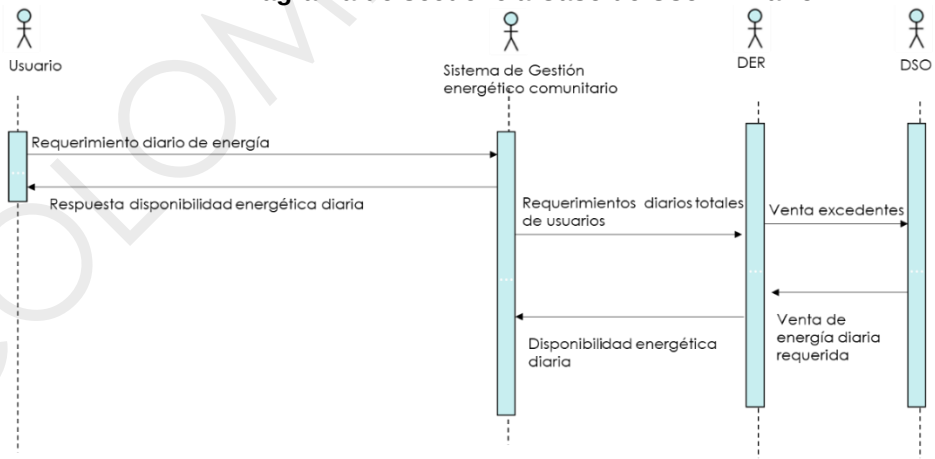


Figura 3. Arquitectura tecnológica de comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

Para resumir lo presentado en esta sección, en la Tabla 14 se muestra un análisis comparativo de los modelos presentados.

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla 14. Análisis comparativo comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

#	I	II	III	IV	V
Propósito	Intercambio de información en torno a gestión eficiente de la energía, conciencia de consumo de energía, conciencia ambiental	Gestión de DER instalados en edificios de carácter comunitario (Hospital, escuelas, municipalidades)	Compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros de la comunidad que se encuentran ubicados en la misma zona. Comunidad de prosumidores	Compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros que se encuentran en la zona geográfica de influencia o por fuera de esta	Transar energía entre comunidades energéticas ya establecidas
Agrupación de usuarios	Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, sin que pertenezcan a una misma zona geográfica. En este modelo, los actores involucrados son los iniciadores, la comunidad alrededor del edificio comunitario, las entidades gubernamentales	Se pueden agrupar individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, ubicados en la misma área donde se encuentra la edificación comunitaria donde se tiene la instalación de generación o de aprovechamiento energético.	Hay miembros prosumidores y otros consumidores, todos los miembros, sin importar el rol que cumplen, deben estar ubicados geográficamente en las proximidades de la fuente de energía renovable, y que además de la autogeneración, también puede haber vehículos eléctricos y/o gestión eficiente de la energía	Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, que pertenezcan o no a una misma zona geográfica. Pueden incluir los actores del sistema tradicional de energía y los actores adicionales para CE. Se involucran actores los siguientes: Consumidores, prosumidores, operadores de red, plataformas de intercambio energético, inversores	Involucra un numero grande de actores, que hacen más complejo el funcionamiento y control de la comunidad energética: Consumidores, agentes de trading energético, reguladores de tarifas, TDS, operadores de red, inversores, comunidad, asamblea
Arquitectura	Sólo tiene componentes básicos ubicados en el dominio Usuario y distribución. No hay intercambio de información a las capas superiores del modelo SGAM	Adicional al caso anterior, aparecen componentes en el Dominio DER, lo que conlleva a intercambios con las capas Comunicación e Información del modelo SGAM	Los casos de Uso ya no son solo primarios, sino que también aparecen de Alto nivel. Los componentes actúan incluso en la capa de funciones.	Los componentes se ubican en varios dominios, hasta el nivel de Transmisión y la capa de Negocios. Los intercambios de información y componentes entre capas son de alta complejidad.	Es el único tipo de CE con componentes ubicados en el dominio TSO. Los intercambios y flujos de información, tanto interno entre capas como entre capas, es de alta complejidad.

COLOMBIA INTELIGENTE

#	I	II	III	IV	V
Modelos de negocio	Sólo existen las capas de energía y gobernanza: Una agrupación de usuarios con un interés común y algún esquema simple de organización entre ellos. Aun no consideran aspectos de infraestructura tecnológica ni mercados energéticos.	Además de los miembros y recursos de generación, se incluyen recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas simples de gestión de información de generación y consumo de la aplicación o instalación comunitaria. No hay otro tipo de intercambios comerciales.	Este esquema transaccional involucra a los miembros junto con las infraestructuras tecnológicas particulares y comunitarias. Se requiere un modelo de negocio como el P2P y un esquema de gobernanza definido.	Se hacen presentes todas las capas, con representación activa en cada una de ellas. La capa de energía tiene más puntos de intercambio, se cuenta con mayor infraestructura tecnológica y los actores como DSO y reguladores son obligatorios. Transversalmente, el esquema de gobernanza puede ser más complejo para involucrar más actores y funciones.	En esta infraestructura se deben relacionar los actores de una CE con lo de la otra, crear esquemas de gobernanza complementarios y modelos de negocios que permitan comercializar la energía entre comunidades.
Esquemas de gobernanza	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.	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, Se integra el prosumidor, constituido por la edificación y dentro del mercado se integran los inversionistas	Muchos o todos los miembros de la comunidad son autogeneradores y consumidores de energía, involucra líneas de flujo de energía (de autogeneración y del SIN), líneas de información, líneas financieras (inversiones y de tarifas de la energía que se intercambia al interior de la CE). La toma de decisiones relevantes es realizada por asamblea realizada una vez al año, y por los miembros del órgano administrativo que corresponde.	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 lo que es necesario que entre en juego otro actor que se denomina agente o plataforma virtual,	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. La toma de decisiones se hace más compleja y por tanto debe ser más cuidadosa. 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 relacionadas con inversiones relacionadas con la ampliación de la red, esquema tarifario global, reglas de agregación

COLOMBIA INTELIGENTE

1.4. Lineamientos para el desarrollo de Comunidades Energéticas

Con base en la revisión de conceptos y modelos internacionales y nacionales para desarrollar un modelo de Comunidades Energéticas para Colombia se identifican los siguientes lineamientos divididos en 4 temáticas principales: el trabajo en comunidad, el fomento mediante política y regulación, habilitar recursos y tecnología, y actividades y fases para el diseño de comunidades energéticas.

Trabajo en comunidad

Estos lineamientos están relacionados directamente con los actores de la comunidad energética y el contexto en el cual se desenvuelven.

- Conocer y hacer trabajo previo con los actores y posibles miembros de la comunidad energética para conocer sus intereses y necesidades en torno a los cuales se desarrollará la comunidad.
- Entender el contexto particular (área, clima, actividad económica, etc.) en el que se va a desarrollar la comunidad energética.
- Buscar asociaciones, agrupaciones, agremiaciones que se dediquen a actividades particulares y que puedan tener como interés común la energía y otros beneficios, más allá de beneficios económicos.
- Las comunidades requieren un mayor conocimiento para constituir, administrar y poseer proyectos de energía. Particularmente aquellas ubicadas en zonas alejadas. Por lo que es necesario implementar programas y estrategias de capacitación relacionadas con comunidades energéticas.
- La participación de las partes interesadas es clave para el establecimiento, las operaciones y la gestión de futuros proyectos de energía comunitaria.
- Con el fin de evitar problemas culturales relacionados con el desarrollo de energía comunitaria, es necesario educar a los usuarios potenciales de la comunidad para que estos conozcan sus beneficios, bien sean de índole económico o ambiental, según sea el modelo de CE que se vaya a implementar en el área.
- Es necesario involucrar a los diferentes actores participantes en la CE para discutir temas relacionados con la validación de los esquemas y modelos planteados.

Fomentar mediante política pública y reglamentación

Estos lineamientos incluyen aquellas labores que pueden habilitar el desarrollo de una comunidad energética, bien sea de orden de política pública o regulatoria.

- Se necesitan estrategias de políticas eficaces a nivel nacional y local para fomentar el establecimiento y la gestión de comunidades energéticas.
- Resulta complejo definir un único modelo de comunidad energética. Tendrá múltiples variaciones en función de las características propias de cada comunidad.
- Las lecciones de casos de estudios internacionales son de utilidad para el contexto nacional, pero deberán contextualizarse y adaptarse a las necesidades, recursos y oportunidades únicos de cada región del país.
- A la hora de establecer un modelo de comunidad es necesario conocer su esquema de agrupación de usuarios, esquema de agrupación de recursos energéticos, modelo de negocio y esquema de gobernanza.
- Actualmente se presenta para los usuarios algunos desafíos para ingresar al mercado de energía; otorgándoles ingresos se puede obtener acceso a las redes y competir de manera equitativa y asequible con las empresas de servicios de energía. Además, se requeriría que los operadores de sistemas de distribución habiliten y faciliten las estructuras de energía comunitaria como proveedores de los servicios de energía.

Habilitar recursos y tecnología

Estos lineamientos incluyen aquellas labores que pueden habilitar el desarrollo de una comunidad energética en el ámbito tecnológico.

- Estudiar en detalle la disponibilidad de recursos energéticos para todas las épocas del año y posibles condiciones de operación, de esta forma se puede estructurar mejor el modelo de negocio a seguir.

COLOMBIA INTELIGENTE

- Comprender las necesidades de la comunidad es fundamental para encontrar soluciones energéticas efectivas para ella. En general, se centran en el uso de los nuevos recursos energéticos ignorando los enfoques inclusivos y participativos necesarios para lograr energía democrática.
- Para el establecimiento de una comunidad energética es necesario contar con estudios técnicos además de permisos y evaluaciones de impacto ambiental del lugar en el cual se va a ubicar la CE.
- Previo a la implementación física del piloto de la CE, es necesario conceptualizar todos los aspectos relacionados con el esquema transaccional: modelo de negocios, tecnologías a utilizar y sistemas de intercambios.
- La definición de las características técnicas de las plataformas a usar, especificaciones de equipos de Smart grids están directamente relacionadas con los objetivos a cumplir, los modelos de negocio y los esquemas de gobernanza. Por lo tanto, se deben especificar todas las capas.
- La definición de los Casos de Uso se fundamenta en los objetivos y propósitos de la CE. Serán los miembros de la comunidad quienes determinen las ponderaciones de cada función.

Actividades y fases para el desarrollo de comunidades energética

La “energía comunitaria” vincula los conceptos de la energía sostenible y del fortalecimiento comunitario ofreciendo diversos beneficios a sus miembros. Estos beneficios son los que motivan a un grupo determinado de personas a emprender el camino necesario para conformar e implementar una comunidad energética. Las comunidades energéticas basan su potencial en la unión de individuos y, por ello, el primer paso para su constitución es crear un colectivo de personas de una misma comunidad. Todos ellos, con un interés en común: democratizar la energía y hacerla más sostenible.

En general, el diseño y construcción de una comunidad energética en una localidad o territorio específico debe incluir las actividades mostradas en la Figura 4.

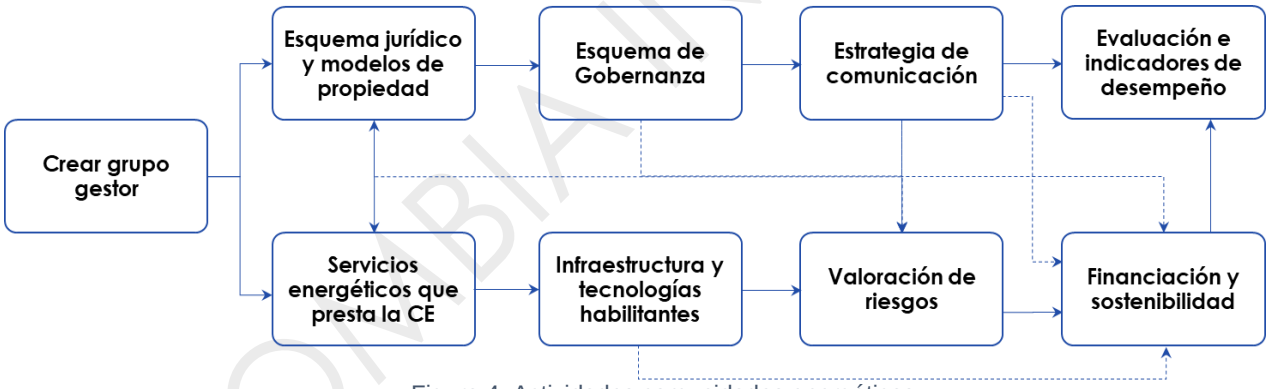


Figura 4. Actividades comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

A su vez, independiente del modelo de comunidad energética, se deben tener en cuenta las fases mostradas en la Figura 5. Para una mayor información de las fases y actividades ver el ANEXO 1.

COLOMBIA INTELIGENTE

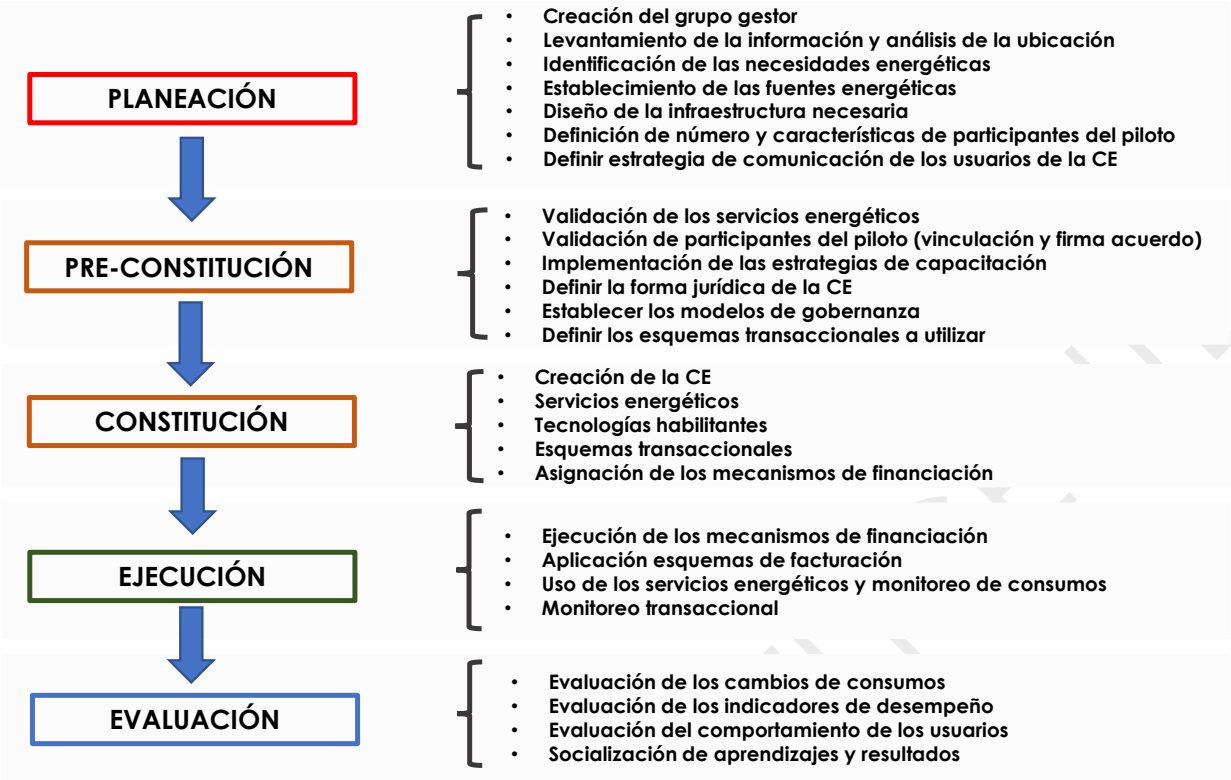


Figura 5. Fases implementación CE
Fuente: Elaboración propia

COLOMBIA

2. ANÁLISIS PARA EL DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS

En esta sección se presenta el análisis de las lecciones aprendidas y mejores prácticas desde la experiencia de las comunidades energéticas existentes en la actualidad en el mundo y con ellas se presentan las brechas que deben superarse en Colombia para que la implementación de estas iniciativas tenga el mayor éxito posible.

2.1. Lecciones Aprendidas y Mejores Prácticas

A partir de los casos de estudio y referenciamiento internacional, se presentan las lecciones aprendidas y mejores prácticas obtenidas del funcionamiento de comunidades energéticas en operación en Europa principalmente, teniendo en cuenta que en Colombia el desarrollo de proyectos comunales energéticos es incipiente.

Las lecciones de casos de estudios internacionales son de utilidad para el contexto nacional, pero deberán contextualizarse y adaptarse a las necesidades, recursos y oportunidades únicos de cada región del país. Para cada mejor práctica identificada se relacionan una o más lecciones aprendidas, cada una de las cuales se ubican una de las fases de desarrollo de las CE.

La Tabla 15 relaciona las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de la fase de planeación las cuales se basan en el levantamiento de la información, la sensibilización de la comunidad, las actividades de recolección de información preliminares, etc.

Tabla 15. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de planeación
Fuente: Elaboración propia

Lecciones aprendidas	Mejores prácticas
Comprender las necesidades de la comunidad es fundamental para encontrar soluciones energéticas efectivas para ella. Focalizar las necesidades de los usuarios y no sólo la explotación de nuevos recursos energéticos ignorando los enfoques inclusivos y participativos necesarios para lograr la democratización de la energía.	Realizar encuestas, sondeos, reuniones, que permitan conocer las necesidades energéticas de todos los miembros de la comunidad.
Cuanta más gente esté vinculada al proyecto, más van a ayudar con sus habilidades y capacidades, su liderazgo y su apoyo financiero, lo que hará crecer la CE.	Realizar jornadas de sensibilización, divulgación y fomento en donde se recojan las diversas capacidades de los participantes.
Es necesario establecer los roles que desempeñaran los miembros del grupo gestor y los demás miembros de la CE, también definir las principales responsabilidades de cada uno.	Considerar la redacción y publicación de documentos y/o guías diferenciadas destinadas a cada uno de los actores que participan en las CE: entidades locales (asambleas departamentales, alcaldías grandes, medios y pequeños), pymes, cooperativas, ciudadanía, etc.) Cada guía debe hacer énfasis en los diferentes roles de cada uno.
Se ve la necesidad de implementar las CE en pequeñas poblaciones, así como en áreas rurales o en aquellas zonas escasamente pobladas con el objetivo de fomentar el desarrollo local a partir de recursos básicos y endógenos y promover un cambio en el modelo energético local.	Llevar información de fomento de CE a zonas no interconectadas, comunidades locales y entidades regionales.

La Tabla 16 relaciona las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de la fase de pre-constitución, las cuales están relacionadas con la participación de la ciudadanía en la implementación de las CE, las formas jurídicas que adoptarán y con la verificación de disponibilidades de recursos energéticos concordantes con las necesidades de la comunidad.

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla 16. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de pre-constitución
Fuente: Elaboración propia

Lecciones aprendidas	Mejores prácticas
Se requiere de la colaboración de parte de las instituciones públicas y se generan sinergia público-privada. Las autoridades locales deberían ser los principales habilitadores, junto con los proveedores de energía para la creación de CE.	Establecer mesas de trabajo entre las CE y las autoridades locales para buscar puntos comunes, mecanismos de apoyo y de articulación.
Se debe garantizar la trazabilidad y ejecución de proyectos energéticos comunitarios a largo plazo.	Incluir los proyectos de energía comunitaria en los planes y lineamientos tanto de desarrollo regional como de índole energético nacional. Establecer canales de diálogo entre la comunidad y las entidades responsables,
Las instituciones educativas pueden ser los puentes para integral la comunidad, la autoridad local y las entidades privadas a la hora de potenciar las CE.	Integrar a los representantes de las entidades educativas como participantes activos dentro de la CE.
Es de gran utilidad remarcar la capacidad de las Comunidades Energéticas de generar empleo de calidad y especialmente en zonas con problemas de migración de población.	Identificar las capacidades específicas de generación de empleo para incluirlas dentro de las jornadas de difusión y sensibilización permanentes.
Es necesario que el grupo gestor de la CE participe activamente en las etapas previas e iniciales en reuniones y talleres con el grupo de expertos y profesionales que van a definir el diseño detallado de la comunidad.	Planear y ejecutar mesas de trabajo entre los miembros de la comunidad y los expertos externos durante todas las fases de ejecución y planeación del proyecto de energía comunitaria.

Por otro lado, La Tabla 17 relaciona las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de la fase de constitución, las cuales tienen en cuenta la definición de intereses de las CE, el desarrollo de pilotos y la escogencia de tecnologías y esquemas a utilizar para habilitar los servicios energéticos previamente establecidos.

Tabla 17. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de constitución
Fuente: Elaboración propia

Lecciones aprendidas	Mejores prácticas
Analizar los diferentes intereses de los miembros y entidades que pueden vincularse a la CE, por ejemplo, considerar la venta de energía directamente a instalaciones públicas con alto consumo energético, como una piscina climatizada o una planta de depuración de aguas residuales.	Contactar a las entidades administradoras locales para explorar la posibilidad de firmar contratos de compraventa de energía con la CE.
La implementación de proyectos de CE a nivel de pilotos básicos de demostración o por etapas son fundamentales para generar capacidad y para atraer miembros de la comunidad, así como financiación externa y la vinculación de otros actores que potencialicen y repliquen el desarrollo de otras CE.	Recopilar información de otros pilotos de CE similares para difundirlos entre los miembros. Estructurar la ejecución del proyecto de energía comunitaria por etapas en las que se incluyan mecanismos demostrativos y de difusión al final de cada una.
Si bien, y como se ha visto y desarrollado en los estudios referenciales, los proyectos de utilización de tecnologías de aprovechamiento de energía solar fotovoltaica son actualmente los más sencillos de concretar por diversas razones, no significa que proyectos con otras tecnologías no sean deseables.	Evaluar los impactos ambientales (reducción de huella ecológica y de carbono, ocupación del territorio, etc.) en un escenario en el que la legislación simplifique y promueva otras tecnologías, puede y sería deseable utilizar otras tecnologías renovables y/o instalaciones mixtas.

En cuarto lugar, La Tabla 18 relaciona las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de la fase de ejecución, las cuales se basan en la verificación del cumplimiento de transacciones e indicadores energéticos; también en la disponibilidad de mecanismos de financiación y correcta ejecución de los recursos que garanticen la ejecución de las etapas posteriores de la CE.

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla 18. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de ejecución
Fuente: Elaboración propia

Lecciones aprendidas	Mejores prácticas
Si se desea vincular a la ciudadanía en un proyecto de energía renovable, la CE tendrá que financiar de alguna manera la inversión inicial. Las CE que comienzan necesitan fondos, mientras que las más maduras buscan proyectos.	Tener conocimiento de los recursos económicos necesarios para realizar la inversión inicial y garantizar las fuentes de financiación.
La experticia del personal involucrado en temas relacionados con la gestión energética, administración, entre otros, resulta muy importante.	El grupo gestor de la CE debe convocar, tanto dentro como fuera de la comunidad, la participación de expertos en diferentes áreas tecnológicas relacionadas con el proyecto.
Si el proyecto es de generación de electricidad, debe existir la posibilidad de conexión a la red para poder venderla.	Evaluar la necesidad de que alguna persona o entidad compre los excedentes de energía de la CE.

Por último, La Tabla 19 relaciona las mejores prácticas y las lecciones aprendidas de la fase de evaluación, las cuales revisan los impactos de las CE, bien sean positivos o negativos. También la difusión de resultados para motivar el desarrollo de otra CE.

Tabla 19. Mejores prácticas y lecciones aprendidas en la fase de evaluación
Fuente: Elaboración propia

Lecciones aprendidas	Mejores prácticas
Es recomendable mostrar a la comunidad los impactos positivos del proyecto energético comunitario.	Implementar indicadores de gestión energética ya ambiental puedan ser medidos, verificados y socializados.
Las respuestas y beneficios de cada miembro de la comunidad son diferentes, debe existir trazabilidad para cada uno.	Disponer de bases de datos adecuadamente identificadas y con registros históricos para cada punto de consumo y cada centro de generación asociado a la CE.

2.2. Análisis Marco Normativo

En la actualidad, el marco normativo del sector eléctrico no tiene definido el concepto de Comunidad Energética o equivalente. Ahora bien, si se considera de forma general que una “Comunidad Energética” se define como un grupo de personas, naturales o jurídicas, que se articulan de forma organizada para gestionar la solución a los problemas energéticos de su comunidad, el desarrollo de estas debiese considerar como mínimo 4 requerimientos fundamentales:

- El modelo de agrupación de los usuarios/ciudadanos.
- El modelo de integración de los recursos de energía (conexión de los recursos al sistema comunidad/externo).
- El modelo de transaccional (puede ser monetizable o no en función del modelo de negocio).
- El modelo de gobernanza para la toma de decisiones de la comunidad.

Bajo el anterior contexto, en el país existe normativa para:

- La creación de organismos de naturaleza comunitaria (por ejemplo, Juntas de Acción Comunal).
- La creación de usuarios de energía como autogeneradores (pueden ser estos regulados o no regulados, es decir, los últimos pueden directamente negociar el valor de compra de su energía).

En la Figura 6, se muestra el mapa de los documentos normativos más representativos a nivel de los organismos de acción comunal y de la autogeneración en el país.

COLOMBIA INTELIGENTE

Organismos de acción comunal

Leyes
Ley 19 de 1958 Art.22,23 y 24
Constitución Política de Colombia Articulo 38
Leyes 743 de 2002, 753 de 2002, 1551 de 2012, 1989 de 2019, 1955 de 2019.

Decretos
2350 de 2003, 890 de 2008, 1066 de 2015, 1158 de 2019

Políticas Nacionales
CONPES 3955 del 2018

Resoluciones
360 de 2005

Estatutos
Cada organización los desarrolla.

Propuestas
Modificación a la ley
Texto Definitivo Proyecto No. 115 de 2020 C

NORMATIVIDAD "COMUNAL APRENDE"

Autogeneración

Leyes
Ley 142 de 1994 y Ley 143 de 1994
Ley 1715 de 2014, Ley 2099 de 2021

Decretos
2469/14, 1073/15, 348/17

Políticas Nacionales
CONPES 3934 Crecimiento Verde
CONPES Transición Energética (en desarrollo).

Resoluciones
Res. CREG 084/96, , 156-157/11, 038/14, 030-038/18, 130/19, 018-166/20, 135/21, 174/21, Res. UPME 281/15 - Dxn Res. CREG 015/18
Transferencias MME Comunidades/Pueblos

Procedimiento
Cada empresa los desarrolla de acuerdo a la regulación (Recomendaciones Acuerdo CNO).

Propuestas:
Res. CREG (C) 002/2021 - Doc. CREG 002
Res. CREG (C) 173/2021
Lineamientos DER
PNER ZNI/SIN

Figura 6. Marco Normativo Organismos de acción comunal-Autogeneración
Fuente: Elaboración propia

En Colombia, si bien se encuentra garantizado el derecho constitucional a la libre asociación, surge el interrogante respecto cuáles son esas formas de asociación recomendadas para el desarrollo de una comunidad energética. Antes de contestar este interrogante, es necesario establecer a la luz de la legislación colombiana quienes están facultados para el ejercicio de la prestación del servicio público y allí encontramos que a la fecha esta no es exclusiva de las Empresas Prestadoras de Servicios Públicos, sino también por aquellos denominados productores marginales, dentro de los cuales podemos encontrar tanto a personas naturales como jurídicas. Por tanto, se destaca lo siguiente:

a) La ley 689 de 2001, modificatoria de la Ley 142 de 1994 "Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones" en su artículo 1 establece lo siguiente;
   "Modificase los numerales 15 y 24 del artículo 14 de la Ley 142 de 1994, el cual quedará así: "Artículo 14. Definiciones. 14.15 Productor marginal independiente o para uso particular. Es la persona natural o jurídica que, utilizando recursos propios y técnicamente aceptados por la normatividad vigente para cada servicio, produce bienes o servicios propios del objeto de las empresas de servicios públicos para sí misma o para una clientela compuesta exclusivamente por quienes tienen vinculación económica directa con ella o con sus socios o miembros o como subproducto de otra actividad principal. (…)".
b) Respecto a la prestación se un servicio público: "(…) Articulo 14 numeral 14.25 de Ley 142 de 1994. SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DE ENERGÍA ELÉCTRICA es, 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.**"
c) El artículo quinto de la ley 143 de 1994, textualmente consagra: "La generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad están destinadas a satisfacer necesidades colectivas primordiales en forma permanente; por esta razón, son consideradas servicios públicos de carácter esencial, obligatorio y solidario, y de utilidad pública."

d) En cuanto a la generación de energía eléctrica con la utilización de Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE), esta se declaró de utilidad pública e interés social en los términos del artículo 4° de la Ley 1715 de 2014 así:

> *"ARTÍCULO 4o. DECLARATORIA DE UTILIDAD PÚBLICA E INTERÉS SOCIAL. La promoción, estímulo e incentivo al desarrollo de las actividades de producción y utilización de fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, se declara como un asunto de utilidad pública e interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar la diversificación del abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección del ambiente, el uso eficiente de la energía y la preservación y conservación de los recursos naturales renovables.*
> *Esta calificación de utilidad pública o interés social tendrá los efectos oportunos para su primacía en todo lo referente a ordenamiento del territorio, urbanismo, planificación ambiental, fomento económico, valoración positiva en los procedimientos administrativos de concurrencia y selección, así como a efectos de expropiación forzosa."*

e) El ámbito de aplicación de la norma aquí descrita aplica tanto a agentes públicos como privados asociados al servicio de prestación de energía eléctrica y las actividades asociadas al mismo.

> *"ARTÍCULO 3o. ÁMBITO DE APLICACIÓN. El ámbito de aplicación de la presente ley cobija a todos los agentes públicos y privados que intervengan en la definición de políticas sectoriales en el desarrollo y el aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el fomento de le gestión eficiente de la energía, y en la prestación del servicio de energía eléctrica y sus actividades complementarias conforme a lo dispuesto en las Leyes 142 y 143 de 1994 y demás normas complementarias".*

f) La ley 142 de 1994, en su artículo 16, extiende la aplicación del contenido de esta a quienes tengan la calidad de Productores Marginales o independientes y adicionalmente indica que las personas jurídicas con tal calidad **no estarán obligadas** a constituirse como empresas prestadoras de servicios públicos, en los siguientes términos:

> *"Articulo 16 APLICACIÓN DE LA LEY A LOS PRODUCTORES DE SERVICIOS MARGINALES, [INDEPENDIENTE] O PARA USO PARTICULAR. corregido mediante FE DE ERRATAS> Los productores de servicios marginales o para uso particular se someterán a los artículos 25 y 26 de esta Ley. Y estarán sujetos también a las demás normas pertinentes de esta Ley, todos los actos o contratos que celebren para suministrar los bienes o servicios cuya prestación sea parte del objeto de las empresas de servicios públicos, a otras personas en forma masiva, o a cambio de cualquier clase de remuneración, o gratuitamente a quienes tengan vinculación económica con ellas según la Ley, o en cualquier manera que pueda reducir las condiciones de competencia.*
> *Las personas jurídicas a las que se refiere este artículo no estarán obligadas a organizarse como empresas de servicios públicos, salvo por orden de una comisión de regulación.*
> *En todo caso se sobreentiende que los productores de servicios marginales independientes o para uso particular de energía eléctrica están sujetos a lo dispuesto en el artículo 45 de la ley 99 de 1993."*

2.2.1. Modelo de organización comunitaria

Teniendo en consideración el marco normativo para en la prestación de servicios públicos, se identifica que, si se pudieran ejecutar actividades de generación, de comercialización, de transformación, interconexión y transmisión de energía eléctrica mediante fuentes no convencionales, tanto de manera individual (personas naturales) como de manera asociativa. Ahora bien, la manera asociativa tradicional es mediante la conformación de empresas prestadoras de servicios públicos o mediante la creación de una persona jurídica de carácter comercial independientemente del tipo societario que se conforme. Sin embargo, atendiendo a la naturaleza primigenia de las comunidades energéticas, como una solución inicialmente local o territorial de autoabastecimiento, es necesario no perder de vista aquella forma asociativa denominada personas jurídicas de carácter civil que a diferencia de las anteriores no tiene ánimo de lucro, también conocidas como Entidades Sin Ánimo De Lucro -ESAL.

Entre estas encontramos:

1. Personas jurídicas extranjeras de derecho privado sin ánimo de lucro, con domicilio en el exterior y que establezcan negocios permanentes en Colombia.
2. Cabildos indígenas regulados.
3. Organizaciones comunitarias de primero, segundo, tercero y cuarto grado.
   3.1 Juntas de acción comunal y las juntas de vivienda comunitaria
   3.2 Asociación de juntas de acción comunal.
   3.3 Federación de acción comunal.
   3.4 Confederación nacional de acción comunal.
4. Entes Gremiales.
5. Corporaciones, asociaciones y fundaciones.
6. Cooperativas.

COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA

Para el caso particular, la forma asociativa recomendada para satisfacer la implementación y desarrollo de comunidades energéticas son las Organizaciones comunitarias a excepción de las juntas de vivienda comunitaria, como el instrumento con la vocación concreta de promover el desarrollo de las comunidades a través de la autogestión, regida por principios de integración, solidaridad y participación[7].

Las cuales se han definido en el artículo 6° de la Ley 743 de 2002 como: "(…) acción comunal, es una expresión social organizada, autónoma y solidaria de la sociedad civil, cuyo propósito es promover un desarrollo integral, sostenible y sustentable construido a partir del ejercicio de la democracia participativa en la gestión del desarrollo de la comunidad."

Adicionalmente, las Organizaciones comunitarias tienen establecidos dentro de sus objetivos el desarrollo de actividades a la generación de procesos comunitarios autónomos, la formulación, ejecución y administración de programas y proyectos de desarrollo comunitarios, están facultados para contratar con empresas nacionales o extranjeras y sobre todos, desarrollar todas aquellas actividades que estén en procura de lograr la mayor cobertura posible en los servicios públicos, en aras de mejorar la calidad de vida en la circunscripción territorial de su influencia[8].

En cuanto a la capacidad jurídica de estas para ejercer como productores marginales o independientes atendido a la definición a este, dada en el ya mencionado artículo 1° de la ley 689 de 2001, definitivamente si la tiene al ser formas de asociación con reconocimiento de personería jurídica que le permite el desarrollo del objeto social para el que fue conformada y ejercer legalmente sus derechos y obligarse[9].
En Conclusión, las Organizaciones comunitarias entre las que están las Juntas de Acción Comunal, la Asociación de Juntas de Acción Comunal, la Federación de Acción comunal y las Confederaciones de acción Comunal, al ser personas jurídicas podrían ejercer como Productores marginales, al igual que las sociedades comerciales y lo hacen en desarrollo de los objetivos que por ley le están dados, como es, el desarrollo de la comunidad que la conforma de manera participativa, mediante el ejercicio de una actividad de generación, producción y autoabastecimiento de energía en aras de mejorar el acceso a un servicio público y satisfacer las necesidades energéticas de la comunidad.

Por tanto, a efectos de constituirse como una comunidad energética las organizaciones podrán conformar Comisiones Empresariales las cuales estarán a cargo del gerente o administrador de la respectiva empresa o proyecto rentable.[10]

En cuanto al cuestionamiento concreto respecto a si las Cooperativas pueden o no prestar el servicio público domiciliario en el marco del ejercicio de una comunicad energética, atendiendo al pronunciamiento realizado por la Corte Constitucional mediante la sentencia C-741 de 2003, al respecto en ocasión a la interpretación del art artículo 15, numeral 15.4. de la Ley 142 de 1994, la respuesta es SI, siempre que este previsto dentro del objeto social de la misma.

Sin embargo, es importante considerar que para implementar la figura asociativa de las Cooperativas existe una limitante a nivel patrimonial respecto a las Organizaciones comunitarias, dado que el patrimonio de las primeras está conformado exclusivamente por el aporte que realicen sus asociados, mientras que en las segundas este puede ser conformado por *"todos los bienes que ingresen legalmente por concepto de contribuciones, aportes, donaciones y las que provengan de cualquier actividad u operación lícita que ellos realicen.";* circunstancia que, por un lado limita la participación a una afiliación a cambio de un aporte individual, el cual en todos los casos no será posible para todos los miembros de la comunidad; y por otro lado, en el caso de las Organizaciones comunitarias, la flexibilidad en la conformación de su patrimonio, les hace más participativas, accesibles y le permite la viabilización desde el punto de vista financiero para este tipo de proyectos, sobre todo cuando son encaminados a ampliar o garantizar la cobertura del servicio en comunidades carentes de recursos.

7 Artículo 5°. Ley 743 de 2002
8 Artículo 19°. Ley 743 de 2002
9 Parágrafo 2, del Articulo 2.3.2.1.4., del Decreto 1066 de 2015
10 Art. 70 de la Ley 1989 de 2019.

2.2.2. Mecanismo de toma de decisión

En el caso de las Organizaciones comunitarias (Juntas de Acción Comunal, Asociación de Juntas de Acción Comunal, Federación de Acción comunal y las Confederaciones de acción Comunal), las competencias y órganos decisorios se encuentran contemplados en la Ley 743 de 2002 (Ver Tabla 20).

Tabla 20. Competencias y órganos decisorios
Fuente: Elaboración propia

Órgano	Conformación	Competencia	Nivel de Asociación	Art
Asamblea General	Todos los afiliados o delegados	Adoptar y reformar los estatutos; Remover en cualquier tiempo y cuando lo considere conveniente a cualquier dignatario y ordenar, con sujeción a la ley, la terminación de los contratos de trabajo; Determinar la cuantía de la ordenación de gastos y la naturaleza de los contratos que sean de competencia de los demás órganos; Elegir comité central de dirección regional, departamental, y del Distrito Capital, consejo comunal, fiscal y conciliadores; Elegir los dignatarios; Adoptar y/o modificar los planes, programas y proyectos que los órganos de administración presenten a su consideración; Las demás decisiones que correspondan a las organizaciones y no estén atribuidas a otro órgano o dignatario.	I, II, III y IV	37
Presidente	Presidente	Representación legal	-	70
Consejo Comunal /Junta Directiva	Presidente, vicepresidente, tesorero, secretario y coordinadores de las comisiones de trabajo; en algunos casos los delegados también hacen parte.	Órgano de dirección y administración de la junta de acción comuna. Aprobar su reglamento y el de las comisiones de trabajo; Ordenar gastos y celebrar contratos en la cuantía y naturaleza que le asigne la asamblea general; Elaborar y presentar el plan estratégico de desarrollo de la organización a consideración de la asamblea general. Este plan consultará los programas sectoriales puestos a consideración por los candidatos a la junta directiva o consejo comunal, según el caso; Las demás que le asignen la asamblea, los estatutos y el reglamento.	I, II, III y IV	42-44
Comisiones de Trabajo		Ejecutar los planes, programas y proyectos que defina la comunidad	I, II, III y IV	41
Comisiones Empresariales	Dignatarios nombrados por la Asamblea General	Creación y gestión de empresas y proyectos rentables en favor de la comunidad.	-	70

En este sentido, son las Asambleas las responsables de revisar el proyecto, evaluarlo, modificarlo y adoptarlo, así como establecer la cuantía que corresponda para la implementación del proyecto de Autoabastecimiento de energía y la naturaleza de las formas de contratación de las que se harán uso para la implementación y ejecución de las obras.

Por otro lado, será el Consejo Comunal o Junta Directiva según el caso la encargada de la estructuración del proyecto, en cuanto a objetivos, funcionamiento, implementación, formas de financiamiento, servicios a prestar y la forma en que va a operar, sin embargo, sujeto a la aprobación de la Asamblea General; también podrá ordenar los gastos y suscribir los contratos conforme a los montos y naturaleza que le hayan sido autorizados por la Asamblea o por medio de los estatutos.

En el caso de que se utilice el instrumento de comisiones empresariales, las competencias operativas podrán ser delegadas en los gerentes y administradores de las empresas o proyectos.

COLOMBIA INTELIGENTE

2.2.3. El Autoabastecimiento

La constitución Política de Colombia en su artículo 365 establece;

> *"Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado. Es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional.*
> *Los servicios públicos estarán sometidos al régimen jurídico que fije la ley, podrán ser prestados por el Estado, directa o indirectamente, por comunidades organizadas, o por particulares. En todo caso, el Estado mantendrá la regulación, el control y la vigilancia de dichos servicios. Si por razones de soberanía o de interés social, el Estado, mediante ley aprobada por la mayoría de los miembros de una y otra cámara, por iniciativa del Gobierno decide reservarse determinadas actividades estratégicas o servicios públicos, deberá indemnizar previa y plenamente a las personas que, en virtud de dicha ley, queden privadas del ejercicio de una actividad lícita".*

El artículo 5 ° de la ley 1715 de 2014 y la resolución CREG 174 de 2021, entre otros estableció como definiciones las siguientes;

> *"Autogeneración. Aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades. En el evento en el que se generen excedentes de energía eléctrica a partir de tal actividad, estos podrán entregarse a la red en los términos que establezca la CREG para tal fin.*
>
> *Autogeneración. Actividad realizada por usuarios, sean estos personas naturales o jurídicas, que producen energía eléctrica, principalmente para atender sus propias necesidades. Cuando se atienda la propia demanda o necesidad se realizará sin utilizar activos de uso de distribución y/o*
> *transmisión. Se podrán utilizar activos de uso de distribución y/o transmisión para entregar los excedentes de energía y para el uso de respaldo de red.*
>
> *Autogenerador. Usuario que realiza la actividad de autogeneración. El usuario puede ser o no ser propietario de los activos de autogeneración.*
>
> *Autogenerador a gran escala. Autogenerador con potencia instalada superior al límite definido en el artículo primero de la Resolución UPME 281 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya".*
>
> *Autogenerador a pequeña escala, AGPE. Autogenerador con potencia instalada igual o inferior al límite definido en el artículo primero de la Resolución UPME 281 de 2015 o aquella que la modifique o sustituya".*

El artículo 11 de la Ley 143 de 1994, define el concepto de autogenerador como aquel generador que produce energía eléctrica exclusivamente para atender sus propias necesidades. Mediante la Resolución 084 de 1996, la CREG reglamentó las actividades del autogenerador conectado al Sistema Interconectado Nacional (SIN).

La Ley 1715 de 2014, tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional. Así mismo, autoriza la entrega de excedentes de energía a la red por parte de los autogeneradores y le otorga a la CREG la facultad de establecer los procedimientos para la conexión, operación, respaldo y comercialización de energía de la autogeneración y de la generación distribuida.

La ley 1715 de 2014, en su artículo 5°, numeral 2, definió la autogeneración a gran escala como la autogeneración cuya potencia máxima supera el límite establecido por la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME); y en el numeral 3 del mismo artículo, definió la autogeneración a pequeña escala como la autogeneración cuya potencia máxima no supere dicho límite.

El literal b) del numeral 3° del artículo 6° de la ley 1715 de 2014 establece la función a la UPME de "Definir el límite máximo de potencia de la Autogeneración a Pequeña Escala".

La UPME a través de la resolución 281 de 2015, estableció que el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala será de un (1) MW, y corresponderá a la capacidad instalada del sistema de generación del autogenerador.

La referida Ley 1715 de 2014 definió la autogeneración como aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente para atender sus propias necesidades y, en el evento de que se generen excedentes de energía eléctrica a partir de tal actividad, estos podrán entregarse a la red, en los términos que establezca la CREG.

El literal a) del inciso segundo del artículo 8 de la mencionada ley establece lo siguiente:

> *"(…) Para el caso de los autogeneradores a pequeña escala que utilicen FNCER, los excedentes que entreguen a la red de distribución se reconocerán, mediante un esquema de medición bidireccional, como créditos de energía, según las normas que la CREG defina para tal fin, las cuales se fundamentarán en los criterios establecidos en las Leyes 142 y 143 de 1994 para definir el régimen tarifario, específicamente, el criterio de suficiencia financiera (...)"*

El Ministerio de Minas y Energía, mediante el Decreto 348 de 2017, estableció los lineamientos de política pública frente a las condiciones simplificadas para la autogeneración, en términos de la medición, la conexión, el contrato de respaldo y la entrega de excedentes y su respectiva liquidación.

La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)mediante la resolución 30 de 2018 (modificada por la resolución 174 de 2021), reguló las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.

La resolución CREG 30 de 2018, definió el crédito de energía como la cantidad de excedentes de energía entregados a la red por un AGPE con FNCER, que se permuta contra la importación de energía que éste realice durante un período de facturación. La CREG expidió la Resolución 038 de 2018, la cual reguló los aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de la autogeneración a pequeña escala en las Zona No Interconectadas.

De acuerdo con la normatividad vigente, el usuario del servicio público domiciliario de energía eléctrica que realiza simultáneamente la actividad de autogeneración a pequeña escala mantiene su condición de usuario beneficiándose con la prestación de un servicio público y, además, con la posibilidad de entregar excedentes de energía a la red.

La CREG a través de la resolución 135 de 2021 estableció:

> "*Los mecanismos de protección y deberes de los usuarios regulados y no regulados del servicio público domiciliario de energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional y las Zonas No Interconectadas, que ejercen la actividad de Autogeneración a Pequeña Escala, y regular su relación con el comercializador que le presta el servicio público cuando le entrega o vende los excedentes de energía*".

Establecido el marco legal y conceptual aplicable a la comunidad energética propuesta, debe establecerse el potencial de generación que esta tiene como objetivo desarrollar. Lo anterior, por cuanto de ella depende la regulación que deba aplicársele según se trate de autogenerador a pequeña o gran escala. Una vez definida la capacidad real de autogeneración de la comunidad, debe establecerse si esta actividad espera autoabastecer al 100% la demanda de energía eléctrica requerida, o, por el contrario, definir el porcentaje de capacidad real de generación que tenga, frente a la demanda necesaria para suplir las necesidades básicas de los miembros de la comunidad energética.

Bajo ese entendido, si no se garantiza que el 100% de la demanda de los miembros de la comunidad energética va a ser atendido por la autogeneración propuesta, a la comunidad no le queda otra alternativa distinta a seguir siendo usuario del sistema interconectado nacional.

Establecidas las necesidades de energía en firme que necesite la comunidad energética excluyendo lo que pudiese autogenerar, esta podría acreditar los requisitos para ser considerada como un usuario no regulado. El artículo 11 de la Ley 143 de 1994 definió la actividad de comercialización como la compra de energía eléctrica y su venta a usuarios finales, regulados o no regulados. El mismo artículo 11 determinó que el usuario regulado es la persona natural o jurídica cuyas compras de electricidad están sujetas a las tarifas establecidas por la Comisión y los usuarios no regulado como la persona natural o jurídica cuyas compras de electricidad se realizan a precios acordados libremente.

De acuerdo con lo previsto en el artículo 23 literal g) de la Ley 143 de 1994, la CREG tiene la facultad de revisar el nivel señalado para los usuarios no regulados y podrá definir, con base en criterios técnicos, las condiciones que deben reunir los usuarios regulados y no regulados del servicio de electricidad. Si la capacidad requerida por la comunidad energética supera el mínimo que la ley exige para ser considerado un usuario no regulado, podrá esta hacerse parte del mercado energético y de las prerrogativas legales que existen para este tipo de usuarios.

Además, en la resolución 131 de 1998 de la CREG se dispone que, para todos los efectos regulatorios, el usuario no regulado es una persona natural o jurídica con una demanda máxima superior a un valor en MW o a un consumo mensual mínimo de energía en MWh, definidos por la Comisión, **por instalación legalizada**, a partir de la cual no utiliza redes públicas de transporte de energía eléctrica y la utiliza en un **mismo predio o en predios contiguo**s.

Es así como se puede concluir que, la comunidad energética podría ser considerada como un usuario del mercado eléctrico no regulado, que le permita disfrutar del servicio de energía eléctrica en un solo bien inmueble o los bienes vecinos que conformen dicha comunidad. Cabe destacar que la participación de los usuarios en el mercado eléctrico sin contemplar si se trata de usuarios regulados o no, por mandato legal debe hacerse a través de los comercializadores de energía eléctrica.

Pero si bien es cierto, la posibilidad latente para la comunidad energética de ser considerado un usuario no regulado, ello no implica per sé que sea obligatorio acogerse a dicho régimen tarifario y regulatorio. Lo anterior considerándose como derecho de todos los habitantes del territorio nacional el de disfrutar de la prestación de un servicio de energía eléctrica en condiciones de eficiencia y economía y es ello lo que debe primar sin importar la modalidad de usuario que requiera el servicio.

Ahora bien, la CREG decidió a través de la resolución 183 de 2009 adoptar las reglas relativas al cambio usuarios entre el mercado no regulado y el regulado, indicando que;

> *"El usuario no regulado que cumpliendo con los requisitos para ostentar dicha condición decida pasar al mercado regulado debe mantenerse en este mercado y ser atendido como usuario regulado por un período mínimo de tres (3) años.*
>
> *Durante este período el usuario podrá cambiar de comercializador conforme a lo establecido en la regulación vigente".*

Esto indica que, si bien no existe una obligación para la comunidad energética propuesta de hacerse parte del mercado de usuarios no regulados, una vez ello ocurra, podrá sin restricción legal pasar a ser usuario NO regulado, siempre y cuando acredite los requisitos legales para tal fin, con una vigencia contractual mínima de un (1) año. Pero si estando en el mercado NO regulado decide pasarse a ser un usuario regulado, lo podrá hacer por mandato legal, pero deberá permanecer allí por un periodo mínimo de tres (3) años. Lo anterior previene que los usuarios con grandes consumos arbitren entre los mercados en función del precio de la energía, en forma tal que afecten el costo de las compras de energía que se traslada a los usuarios regulados.

Ahora bien, como se mencionó previamente, los usuarios tienen en Colombia el derecho a que se les preste el servicio de energía y esto no cambia en ninguna circunstancia si la comunidad decide organizarse para intentar auto proveerse o para disfrutar de prerrogativas que les da el mercado de los no regulados. Lo anterior, conlleva a afirmar que, si un usuario decide no hacerse parte de la comunidad energética organizada, bien tiene derecho a seguir disfrutando de la prestación del servicio de energía eléctrica a través de los comercializadores, siendo parte del mercado de los regulados, logrando materializar el postulado constitucional de la vivienda digna tal y como lo ha establecido la Honorable Corte Constitucional en sentencia T761 de 2015 en la cual indicó;

> "*En las sociedades contemporáneas el acceso a la energía eléctrica es una condición para el disfrute de otros servicios y garantías fundamentales. Varias de las actividades de la vida cotidiana que, hoy se dan por dadas y parecen naturales sólo pueden llevarse a cabo, por el acceso a las redes de energía eléctrica.*
>
> *En el Derecho Internacional de los Derechos Humanos el acceso a la energía eléctrica, se encuentra reconocido de manera conexa con el derecho a vivienda digna y adecuada. El Artículo 11 del Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, señala que es un derecho humano disfrutar de un lugar de residencia para: (i) aislarse y descansar los periodos de tiempo necesarios y; (ii) protegerse de las inclemencias del clima. Se ha concluido por parte del Comité de Derechos Sociales y Culturales, que una vivienda adecuada es una condición necesaria y previa para el disfrute de otros derechos humanos y prestacionales.*

2.2.4. La disponibilidad de la red para el suministro de energía

Para el análisis se consideraron varios tipos de alternativas de uso de la red (ver Tabla 21).

Tabla 21. Tipos de alternativas de uso de la red para acceder al suministro de energía
Fuente: Elaboración propia

Tipos (1)	Descripción	ME (2)	AE (3)	Deficitario	Excedentario
1. Usuario Pasivo	Cada usuario instala o facilita a terceros el uso de sistemas de generación en su propiedad y con/sin almacenamiento individual. El tercero tendría la responsabilidad en el funcionamiento del sistema.	SI Ind.	NO	Suministro de la red	Inyección a la red sin reconocimiento energético ni comercial como AGPE o caso ASE.
2. Balance Consumo	Cada usuario administra su sistema de generación para consumo interno sin almacenamiento individual, si se presentan excedentes de energía se reconocen en el proceso de facturación del usuario. La red como batería del usuario, se requiere gestión financiera y almacenamiento centralizado si hay excedentes que superen la demanda total del sistema en un periodo.	SI Ind.	NO (4)	Suministro de la red	Inyección a la red con reconocimiento energético (Res. CREG 174/21 – 038/18).
3. Comunidad (Usuario) - Red	Cada usuario administra su sistema de generación para consumo interno sin almacenamiento individual, si se presentan excedentes de energía se reconocen en el proceso de facturación del usuario al precio de venta de la energía excedentaria.	SI Ind.	NO (4)	Suministro de la red	Inyección a la red con reconocimiento energético y comercial (Res. CREG 174/21 – 038/18).
4. Comunidad (Usuario) - Usuario en la Red (individual u otra comunidad)	Cada usuario administra su sistema de generación para consumo interno sin almacenamiento individual, si se presentan excedentes de energía el usuario puede negociarlos con otros usuarios conectados a la red. La red podría actuar como batería del usuario (si no se consume en el mismo periodo de tiempo de la inyección), se requiere gestión financiera y almacenamiento centralizado si hay excedentes que superen la demanda total del sistema en un periodo.	SI Ind.	NO	Suministro de la red	Inyección a la red (balance mensual, cobro del déficit al valor referencial del sistema y liquidación de los acuerdos comerciales entre usuarios (Res. CREG 174/21 – 038/18, pero requeriría definir reglas de transacción P2P).
5. Comunidad Local – Red (*) se podría considerar un usuario en la red	Se conforma un grupo de usuarios (instalaciones) con un único punto de medición a la red. Cada usuario facilita la instalación del sistema de generación de su comunidad local y se cuenta con un sistema de almacenamiento local para los excedentes de la comunidad (se podría considerar el esquema comercial del Tipo 3 o 4 para la venta de excedentes a la red).	SI Local	SI Local	Suministro de la red	Inyección a la red (balance mensual, cobro del déficit al valor referencial del sistema Res. CREG 174/21 – 038/18, liquidación interna realizada por la comunidad). En el caso de ser un usuario en la red, requeriría definir reglas de transacción P2P).
6. Comunidad Independiente	Un (1) usuario o un conjunto de usuarios establecen un sistema aislado de la red, la cual podría tener almacenamiento individual o local.	SI Local	SI Ind. / Local	Interno	NO. En el caso del conjunto de usuarios, se requiere liquidación interna (reglamentación ZNI y en caso SIN requiere solicitud de desconexión).

Notas:
(1) Se podrían considerar híbridos entre los tipos para el esquema comercial y el almacenamiento de energía.
(2) ME: Medidor de energía con las funcionalidades necesarias para el monitoreo del servicio.
(3) AE: Almacenamiento de energía individual.
(4) Estas opciones podrían considerar almacenamiento individual para disminuir el déficit (requerimientos a la red).

La Ley 142 de 1994, en su artículo 44, definió los criterios que orientan el Régimen Tarifario de los servicios públicos domiciliarios, entre los cuales señaló el de transparencia, en virtud del cual "el régimen tarifario será explícito y completamente público para todas las partes involucradas en el servicio, y para los usuarios.

La resolución N° 015 de 1999 de la CREG en su artículo 4° establece lo siguiente:

> *"En las ofertas y en los contratos celebrados con Usuarios No-regulados o grandes consumidores, así como en las facturas que se emitan a estos usuarios, se deberán incluir los precios de la electricidad y del gas negociados libremente, desagregados en los diferentes componentes correspondientes a cada una de las etapas del respectivo servicio".*

Es clara la normatividad referenciada en que si bien existe libertad para que los usuarios no regulados como la comunidad energética objeto del presente concepto pueda realizar sus compras de energía eléctrica a precios acordados libremente con el comercializador, este derecho no es absoluto, por cuanto esa libertad de precios está limitada por las normas que protegen la libre competencia en especial, los artículos 34, 73; 13, 86.3 y 98 de la Ley 142 de 1994; y 43 de la Ley 143 del mismo año.[11]

La resolución 015 de 2018 de la CREG en su capítulo 10 señala que;

> *"Cualquier usuario autogenerador del SDL o STR con capacidad instalada igual o mayor a 100 kW deberá contratar capacidad de respaldo de la red en la cantidad que defina dicho usuario y sujeto a la disponibilidad técnica del OR.*
>
> *Los usuarios autogeneradores del SDL o STR con capacidad instalada inferior a 100 kW que requieran respaldo de red* ***NO están sujetos al pago de la misma".***

El numeral 10.1 de la misma resolución establece que el costo calculado por la capacidad de respaldo de la red es un máximo y las partes podrán negociar uno inferior entregando la fórmula para materializarlo.

A su vez, el numeral 10.3 entre otros dispuso;

> *"El contenido del contrato de respaldo.*
> *….*
> *d. El pago del respaldo remunera disponibilidad de la red en un momento determinado y es independiente del uso de la misma por lo que, cuando el usuario del STR o SDL haga uso de la red, pagará los cargos por uso que correspondan por la totalidad de la energía consumida".*

En conclusión, la forma en la que se puede materializar una armonía del autoabastecimiento con los cargos de disponibilidad del servicio o de la red, no riñen, por cuanto sin duda el autogenerador, siempre va requerir de la red de respaldo para garantizar la eficiencia y la prestación indefinida del servicio público de energía que requiere su comunidad, que dependiendo de sus necesidades, le generará un pago o no, montos que son diferentes a aquellos que se causen si se llegare a utilizar el servicio.

Con fundamento en lo anterior, se puede concluir que, el cargo del respaldo debería ser asumido por toda la comunidad energética como un grupo y no de manera individual por cada uno de sus miembros, dado que al constituirse como una agrupación de personas y gozar de las prerrogativas legales de ser un usuario no regulado, debe ceñirse a las reglas propias de esta modalidad contractual.

Es así como en la resolución CREG 135 de 2021, por la cual "Por la cual se establecen los mecanismos de protección y deberes de los usuarios del servicio público domiciliario de energía eléctrica que ejercen la actividad de Autogeneración a Pequeña Escala y entregan o venden sus excedentes al Comercializador que le presta el servicio" establece la forma a través de la cual puede la comunidad que se autogenera entregar sus excedentes de energía al sistema, en caso de que ello ocurra.

Así, la referida resolución regula en extenso las etapas precontractuales, el rol del comercializador, los requerimientos para la entrega de los excedentes, las conexiones requeridas, la infraestructura necesaria, la etapa de comercialización contractual, la posibilidad de entrega o venta de excedentes, los deberes de los usuarios, la medición y determinación de la cantidad de energía entregada, la liquidación y la facturación, el pago de los consumos y la finalización del contrato. Es entonces esta resolución, sumado a la resolución 174 de 2021, el derrotero legal establecido para comprender la forma en la que en la actualidad en Colombia se realiza la entrega o venta de excedentes de energía de quienes tienen la capacidad de autogenerar, lo que permite en extenso implementar y poner en práctica este mandato legal, que promociona e incentiva la autogeneración como una realidad en el país desprovista de obstáculos que en la práctica lo hagan imposible.

[11] http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/0/45e3be3317dd8f7f0525785a007a7882?OpenDocument

2.3. Brechas en Colombia

A continuación, se presentan las principales barreras o 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 y Cambio Climático, iv) Financieras y v) Políticas y regulatorias. A su vez, se identifican elementos a considerar en la implementación del PIGCCme 2050. A continuación, para cada clasificación, en una Tabla se presenta la valoración de cada una de acuerdo al nivel de impacto de la brecha (dificultad para desarrollar una CE), así: Ninguno (1), bajo (2), medio (3), alto (4), muy alto (5) y las acciones de mitigación.

2.3.1. Sociales

Estas brechas corresponden a aquellas debidas a la interacción entre miembros de la comunidad. A continuación, se presenta en la Tabla 22 las brechas y la valoración dada como obstáculo para la puesta en marcha de una comunidad energética.

Tabla 22. Brechas sociales
Fuente: Elaboración propia

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 en aquellas ubicadas en zonas alejadas	4
S4	No hay suficiente conocimiento acerca de las diferentes tecnologías de generación y plataformas de gestión de datos por parte de las comunidades	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

2.3.2. 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. A continuación, la Tabla 23 presenta las brechas de tipo tecnológico.

Tabla 23. Brechas tecnológicas
Fuente: Elaboración propia

ID	Brecha	Impacto
T1	No se tienen herramientas técnicas para definir la arquitectura tecnológica (estándares y protocolos) 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	El 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	El desconocimiento por parte de las comunidades sobre los beneficios económicos, energéticos y ambientales asociados al uso de nuevas tecnologías	4
PIG4	No existe reglamentación donde se consideran a las CE como generadoras de proyectos de sustitución energética y nuevas tecnologías	4

COLOMBIA INTELIGENTE

2.3.3. Ambientales y Cambio Climático

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. A continuación, la Tabla 24 presenta las brechas de tipo ambiental.

Tabla 24. Brechas ambientales y cambio climático
Fuente: Elaboración propia

ID	Brecha	Impacto
A1	Oposición por parte de la comunidad debido a que las tecnologías puedan impactar de forma negativa el medio ambiente (por ejemplo, parques eólicos o fotovoltaicos podrían impactar el paisaje y el uso del suelo, etc.)	3
A2	Generación de residuos y la disposición final por operación de los sistemas de energía renovables (biogestor, baterías, aspas u otras tecnologías)	2
A3	Contaminación de suelos y fuentes acuíferas por residuos de sistemas de autogeneración con fuentes convencionales	2
PIG2	No se consideran las CE como aportantes a la transformación de las ZNI por generación de energía dentro de los objetivos de disminución de GEI incluidos en la transición energética	4
PIG5	No se tienen en cuenta los aportes de las CE en la reducción de emisiones y remoción de GEI dentro de la línea estratégica de Monitoreo, Reporte y Verificación	3

2.3.4. 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. La Tabla *25* muestra las brechas del tipo financieras.

Tabla 25. Brechas financieras
Fuente: Elaboración propia

ID	Brecha	Impacto
F1	No existen mecanismos generalizados 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 acceso a recursos para garantizar el pago de los gastos AOM de la CE	5
PIG1	Las Comunidades Energéticas, por su aporte en el mejoramiento de la eficiencia energética, no tienen acceso directo a los recursos y mecanismos del PROURE	4
PIG6	No está establecida la priorización de las comunidades energéticas como proyecto dentro de la estructura administrativa y financiera de los mecanismos definidos en el PIGCCme	5

2.3.5. Política pública y reglamentación

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. A continuación, las brechas de este tipo son presentadas en la Tabla 26.

CONSULTORÍA INTELIGENTE

Tabla 26. Brechas de política pública y reglamentación
Fuente: Elaboración propia

ID	Brecha	Impacto
PR1	No están 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 legal o jurídica de una comunidad energética	4
PR5	Ausencia de lineamientos y herramientas para formación y financiación a las entidades locales para que actúen como promotoras y viabilicen las comunidades energéticas	4
PR6	Poca difusión entre las comunidades de los mecanismos de fomento de proyectos de energías renovables comunitarios para fortalecer los usos productivos de la energía	4
PR7	No se dispone de licencias o permisos para el uso de suelo que consideren el desarrollo de comunidades energéticas	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 operadores de red para desarrollar DER que puedan ser utilizados en las CE de su territorio	3
PIG3	No se identifican lineamientos de política, dentro de la línea estratégica Gestión de la Demanda – gestión eficiente de la demanda, para el fomento de la participación activa de la demanda, específicamente para la participación de la CE en el mercado o plataformas P2P	5

COLOMBIA INTELIGENTE

3. ACCIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS

En esta sección se presentan todas las acciones a tener presente para superar las brechas que se encontraron en el establecimiento de comunidades energéticas. Se incluyen las acciones usando la misma clasificación usada para las brechas y se complementan en el contexto del PIGCCme.

3.1. Diseñar Políticas Públicas y Reglamentación

Las acciones de política pública y reglamentación, corresponden a acciones que, desde el punto de vista normativo, podrían el gobierno y las autoridades locales implementar con el fin de establecer reglas, que rijan la implementación y el funcionamiento de las comunidades energéticas. Mientras que las acciones recomendadas desde el contexto del PIGCCme, permiten desde el gobierno contribuir a implementación de comunidades energéticas, y con estás a la reducción de emisiones en el marco de los diferentes compromisos adquiridos por Colombia (ver Tabla 27).

Tabla 27. Acciones de Política Pública y Reglamentación
Fuente: Elaboración propia

ID	Acción
APR1	Incluir dentro los procedimientos administrativos para la constitución de una figura asociativa de comunidad los relacionados con él uso comunitario de la energía
APR2	Incluir en el diseño del POT zonas con beneficios para el desarrollo de la CE
APIG1	Habilitar la figura de la comunidad energética (usuarios agregados o individuales) dentro de los mecanismos de participación activa de la demanda y establecer los derechos y deberes en el uso de plataformas P2P
APIG2	Incluir los proyectos de CE en la estrategia de transformación de las ZNI para el fortalecimiento de la línea estratégica de generación de energía del PIGCCme
APIG3	Garantizar que los proyectos de CE puedan acceder a los recursos relacionados con el PROURE para el fortalecimiento de la línea estratégica de eficiencia energética del PIGCCme
APIG4	Incluir en la línea sustitución energética y nuevas tecnologías del PIGCCme la reglamentación de proyectos de energía comunitaria
APIG5	Incluir en el sistema de contabilidad de reducción de emisiones y remoción de GEI (línea estratégica de Monitoreo, Reporte y Verificación del PIGCCme) la mitigación lograda por las Comunidades Energéticas
APIG6	Incluir dentro de la acción de coordinación (Línea estratégica de operatividad del PIGCCme) la vinculación y acceso priorizado de los proyectos de comunidad energética en la estructura administrativa y financiera del PIGCCme

3.2. Fomentar tecnología y financiación

Esta sección incluye aquellas acciones relacionadas con el ámbito financiero y tecnológico las cuales se puede observar en la Tabla 28 . En el caso de las acciones de tipo tecnológicas, estas permiten suprimir o reducir el impacto que la brecha de este tipo podría traer al desempeño de la CE. Por otro lado, las acciones financieras involucran aquellas que permiten reducir los riesgos de tipo económico y financieros, actuando para mitigar la brecha correspondiente.

Tabla 28. Acciones de habilitación tecnológica y financiación
Fuente: Elaboración propia

ID	Acción
AT1	Fortalecer las capacidades académicas de los profesionales relacionados con la temática de CE y GEE, así como establecer redes de contacto entre profesionales y la comunidad
AT2	Establecer requisitos y funcionalidades básicas (Estándares y protocolos)de las plataformas de gestión de información
AT3	Difundir los modelos de comunidad energética para su apropiación por parte de la comunidad
AT4	Crear un portal web con la información relacionada a la CE y divulgarlo entre las comunidades
AF1	Habilitar dentro de los criterios de elegibilidad para el acceso a los mecanismos de financiación existente a los proyectos CE
AF2	Promover líneas de financiamiento específicas para la fase de diseño y ejecución de pilotos CE y para la protección financiera ante insolvencia del proyecto CE
AF3	Desarrollar proyectos CE por fases (escalables) para lograr una mayor apropiación por parte de la comunidad
AF4	Crear alianzas que permitan reducir costos logísticos (transporte, entre otros) para zonas alejadas o aisladas

COLOMBIA INTELIGENTE

3.3. Empoderar a la comunidad

Esta sección está relacionada con las acciones de tipo sociales, ambientales y las transversales y se muestran en la Tabla 29. Las acciones sociales permiten reducir las brechas de este tipo a través de la identificación de necesidades de las CE y el trabajo en comunidad, Las acciones de tipo ambiental proporcionan estrategias para reducir el efecto de los impactos ambientales debida a la operación de la comunidad energética. Y las acciones transversales son aquellas que deben implementarse en el área social, ambiental, tecnológicas, financieras, políticas y de regulación, y aquellas ligadas con el PIGCCme.

Tabla 29. Acciones para empoderar a la comunidad
Fuente: Elaboración propia

ID	Acción
AS1	Apropiar las fortalezas de la comunidad y partir de las necesidades identificadas por ella para implementar las acciones que conlleven al fortalecimiento de la CE
AS2	Hacer campañas que promuevan la concientización de las comunidades en torno a su potencial de trabajo comunitario para reducir la pobreza energética
AS3	Segmentar a los miembros de la comunidad para incentivar su participación en la CE de acuerdo a sus capacidades y habilidades
AS4	Facilitar el acceso a los datos relacionados con el funcionamiento CE a través de diferentes medios de comunicación (internet, mensajes de texto, facturas o volantes dirigidos)
AA1	Mantener comunicación continua con la comunidad para fomentar su participación y apoyo en la implementación del proyecto
AA2	Implementar estrategias de economía circular que promuevan el reúso de los materiales y el tratamiento posterior a su uso
AA3	Promover proyectos que usen fuentes renovables y de aprovechamiento de residuos de a la comunidad con procesos de transformación amigables
AGC1	Desarrollar programas de formación en las temáticas social, tecnológica, ambiental y financiera para los grupos gestores de los proyectos CE
AGC2	Diseñar estrategias de comunicación para la difusión de los beneficios (energéticos, financieros, ambientales y sociales) de las CE
AGC3	Implementar mecanismo de seguimiento a los proyectos CE para la identificación de fortalezas, limitaciones, oportunidades, riesgos, aprendizajes, barreras, necesidades de reglamentación y mecanismos que faciliten transacciones o intercambios entre los usuarios de la CE (P2P) o el mercado
AGC4	Brindar capacitación en GEE para el desarrollo adecuado de cada fase de implementación de la CE y proporcionar herramientas de autogestión de la comunidad

3.4. Matriz de acciones

A partir de las brechas y presentadas en la sección 2 y hasta la sesión 3.6, a continuación, en la Tabla 30 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 2022, el Mediano Plazo (MP) cubre 2 años a partir del segundo semestre del 2022 y Largo Plazo (LP) en los años siguientes.

Finalmente, en la Figura 7 se muestra un resumen con el mapa de acciones a implementar para el desarrollo de las comunidades energéticas en Colombia.

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla 30. Matriz de acciones para el desarrollo de comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

ID	Acción	Brecha	Responsable de la acción	Horizonte
APIG1	Usuario CE en los mecanismos de participación de la demanda y las reglas de comportamiento P2P	PR2, PR3, PR4, PR7, PR9	MINENERGÍA, CREG	CP
APIG2	Proyecto CE en la Transformación ZNI	PIG2	MINENERGÍA, IPSE	CP
APIG3	Proyectos CE con acceso a recursos PROURE	PIG1	MINENERGÍA, UPME	CP
APIG4	Proyectos CE en línea Sustitución energética y nuevas tecnologías	PIG4	MINENERGÍA, UPME	CP
APIG5	Mitigación GEI-CE en sistema de contabilidad (MRV)	PIG5	MINENERGÍA	CP
APIG6	Proyectos CE en estructura administrativa y financiera de proyectos de inversión PIGCCme	PIG6	MINENERGÍA	CP
AGC3	Mecanismo de seguimiento para la identificación de aprendizajes y necesidades	PR1, PR3, PR5, PR9, PIG3	MINENERGÍA	CP
AT3	Difusión modelos CE para la apropiación por parte de la comunidad (Gobernanza, transaccional, arquitectura)	T3	MINENERGÍA, Academia	CP
AA3	Promover proyectos DER y de aprovechamiento de residuos	A4	MINENERGÍA, Academia, Comunidad	CP
AF1	Proyectos CE en criterios de elegibilidad para acceso a financiación (bancos, FENOGE, etc)	F1, F3	MINENERGÍA, FENOGE, CREG	CP
AGC1	Formación a grupos gestores CE	S1, S2, T5, F2	Entidades aliadas, Comunidad	CP
AF3	Proyectos CE por fases/escalables para la apropiación de la comunidad (Impulsar retos CE)	F2	Comunidades, academia, MINENERGÍA	CP
AGC2	Estrategia de comunicación para difundir beneficios CE	S5, F6, F2, F3, PR3, PR6, PR8	MINENERGÍA, Aliados estratégicos	CP
APR1	Uso comunitario de energía en el procedimiento de constitución de entes asociativos	PR1, PR4, PR9	MINENERGÍA, MININTERIOR	MP
APR2	Proyectos CE en el diseño POT (beneficios)	PR3, PR4	Gobierno local	MP
AA2	Estrategia de economía circular y disponer residuos finales CE (Baterías, paneles, etc.)	A3	Comunidades, MinAmbiente	MP
AT2	Estándares y protocolos en plataformas de gestión de información	T1, T2	MINENERGÍA, Icontec	MP
AGC4	Formación continua GEE y herramientas de autogestión	S3, S5, S6, S7 T5	Academia	MP
AT4	Portal web CE –requisitos/experiencias	PR6, T4	MINENERGÍA y aliados estratégicos	MP
AF2	Mecanismo de financiación para diseño/piloto y de protección financiera por insolvencia	F2, F5, F3, F7, PR3	Financiadores	MP
AT1	Fortalecer capacidades a profesionales de la CE y redes de contacto	T1	Academia	MP
AS1	Apropiar fortalezas comunidad y focalizarse en necesidades de esta para fortalecer CE	S1, S2, S3	Comunidades, aliados estratégicos	MP
AS3	Segmentar usuarios para incentivar participación en la CE	PR1, PR2, PR3, PR5, PR8, PR9	Comunidades, aliados estratégicos	MP
AA1	Mecanismo de comunicación continua para fomentar participación y apoyo	A1, A2	Comunidades, MINENERGÍA, aliados estratégicos	MP
AS2	Campañas concientización para reducción de la pobreza energética	S2, T5	Entidades regionales, MINENERGÍA, IPSE, FENOGE	MP
AS4	Acceso ágil a datos CE	S4	Aliados estratégicos	LP
AF4	Alianzas para reducir costos logísticos para zonas alejadas/aisladas	F4	Aliados estratégicos	LP

COLOMBIA INTELIGENTE

Figura 7. Mapa de acciones desarrollo de CE
Fuente: Elaboración propia

COLOMBIA INTELIGENTE

ANEXOS

ANEXO 1 Guia Diseño Comunidad Energética

Guia Diseño Comunidad Energética.

ANEXO 2 Piloto RD – Comunidad

- Descripción actividades de socialización de información piloto RD-Comunidad.
- Justificación y forma del mecanismo de contratación entre responsable Piloto RD y aliado comercial para la entrega de recursos financieros que se materialicen en incentivos a los usuarios del piloto RD.

COLOMBIA INTELIGENTE

BIBLIOGRAFÍA

Bridge. (2019). *Energy Communities in the EU Task Force Energy Communities. Horizon 2020*.

Caramizaru, A., & Uihlein, A. (2020). *Energy communities : an overview of energy and social innovation*. https://doi.org/10.2760/180576

Centropolis. (2020). El proyecto de energía solar que puso como ejemplo a Casa Kolacho. Retrieved September 6, 2021, from https://www.centropolismedellin.com/proyecto-energia-solar-puso-como-ejemplo-a-casa-kolacho/

Corpoema. (2020). Iniciativa. Ciudad energética. Retrieved September 6, 2021, from https://www.ciudadenergetica.co/es/

de la Tierra, A. (2020). *Comunidades energéticas de éxito – Comunidades energéticas*.

Distritos Térmicos Colombia 2021. (2021). III Congreso Internacional de Dstritos Térmicos. Retrieved from https://distritoenergetico.com/congresodt/index.php/segundo-concurso-universitario/

Gómez-Ramírez, J., Murcia-Murcia, J. D., & Cabeza-Rojas, I. (2018). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS*. 19. Retrieved from https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/Gómez2018.pdf?sequence

IRENA. (2020). Peer-to-peer electricity trading: Innovation Lanscape Brief. In *International Renewable Energy Agency*.

Lawrence, D. (2020). Energía Solar Comunitaria: Participación ciudadana para la transición energética en Colombia - Blog Universidad EIA. Retrieved September 13, 2021, from http://comunidad.eia.edu.co/blog/energia-solar-comunitaria-participacion-ciudadana-para-la-transicion-energetica-en-colombia/

Lawrence, D., Ortega, S., & España, J. M. (2021). PROCESO DE CO-CREACIÓN PARA PROYECTO DE COMUNIDAD DE ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA. *Researchgate*.

Mariaca, C. (2021). Distritos térmicos en Colombia. *10 Seminario Virtual de Eficiencia Energética*.

Márquez Marulanda, L., Manuel España, J., & Ortega Arango, S. (2020). *Creando una comunidad solar en la Comuna 13 de Medellín*. Retrieved from https://www.eia.edu.co/wp-content/uploads/2021/06/Una-comunidad-solar-en-la-Comuna-13-de-Medellin.pdf

Tounquet, F., De vos, L., Abada, I., Kielichowska, I., & Klessmann, C. (2020). *ASSET STUDY on Energy Communities in the European Union*. 1–96. https://doi.org/10.2833/232112

UE. (2020). *PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA*. 427.

COLOMBIA INTELIGENTE

Colombia inteligente

Red colaborativa para habilitar y acelerar la transformación del sector eléctrico

Datos de contacto
Teléfono: +(574) 444 12 11 ext.190 - 171 - 117
Dirección: Carrera 46 # 56 – 11, Edf. Tecnoparque Piso 13
Medellín – Colombia
e-mail: difusión@colombiainteligente.org
Página Web: www.colombiainteligente.org
Twitter: @colombiaintelig

CONVENIO DE COOPERACION INTERNACIONAL GGC No. 632 de 2021 CELEBRADO ENTRE EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)

Alianza

Recomendaciones para el desarrollo de Comunidades Energéticas

Brechas y Acciones (Anexo 1)

Elaborado por:

JUAN MOLINA C.
LUISA BUITRAGO A.
SANDRA GIRALDO R.
SANDRA TÉLLEZ G.

Medellín
Diciembre, 2021

COLOMBIA INTELIGENTE

COLOMBIA INTELIGENTE

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una organización, entidad o empresa.

La veracidad de los datos recopilados y utilizados en el presente documento no es puesta en duda por parte de Colombia Inteligente, no haciéndose responsable por su exactitud ni su integridad. Los análisis, proyecciones y estimaciones que se presentan en este documento reflejan distintos supuestos definidos por el grupo de trabajo, los cuales podrán o no estar sujetos a discusión.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2021 ©

Colombia inteligente

Anexo 1
Guía Comunidad Energética

COLOMBIA INTELIGENTE

Tabla de Contenido

1. DISEÑAR COMUNIDADES ENERGÉTICAS 6
1.1. Grupo gestor y caracterización del territorio 7
1.1.1. Crear grupo gestor 8
1.1.2. Caracterización del territorio 8
1.2. Definir la forma jurídica y el modelo de propiedad 9
1.3. Establecer el esquema de gobernanza 9
1.4. Definir los servicios energéticos 12
1.5. Identificar la infraestructura y tecnologías habilitantes 12
1.6. Valorar los riesgos 14
1.7. Definir mecanismo de financiación y sostenibilidad 15
1.8. Diseñar la estrategia de comunicación 16
1.9. Evaluación e indicadores de desempeño 17
2. ESTRUCTURACIÓN PILOTOCOMUNIDAD LUZ DE ESPERANZA 19
2.1. Conformación del grupo gestor y análisis del territorio 19
2.1.1. Crear un grupo gestor 19
2.1.2. Caracterización del territorio 19
2.2. Definir la forma jurídica y modelos de propiedad 20
2.3. Establecer el esquema de gobernanza 20
2.4. Definir los servicios energéticos 21
2.5. Identificar la infraestructura y tecnologías habilitantes 22
2.6. Valorar los riesgos 22
2.7. Definir mecanismo de financiación y sostenibilidad 25
2.8. Diseñar la estrategia de comunicación 26
2.9. Evaluación e indicadores de desempeño 28
BIBLIOGRAFÍA 29

COLOMBIA INTELIGENTE

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interrogantes para responder en el diseño de una CE 6
Figura 2. Motivadores de las CE 6
Figura 3. Etapas para el desarrollo de una CE 7
Figura 4. Elementos para la planeación e implementación de una CE 7
Figura 5. Desarrollo de un proyecto de CE 12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Elementos de Gobernanza (tipo de usuarios, propósito y 10
Tabla 2. Elementos de Gobernanza (tipo de decisiones y elegibilidad) 11
Tabla 3. Esquema transaccional y arquitectura Tecnológica Modelo SGAM 13
Tabla 4. Matriz de riesgos para implementación de comunidades energéticas 14
Tabla 5. Elementos para la estrategia de comunicación 16
Tabla 6. Indicadores de desempeño de una Comunidad energética 17
Tabla 7. Lista de chequeo de actividades CE 18
Tabla 7. Indicadores de desempeño de una Comunidad energética 20
Tabla 8. Actividades para la puesta en marcha de una comunidad energética 23
Tabla 9. Matriz de riesgo Luz de Esperanza 23
Tabla 10. Indicadores de desempeño para CE Luz de Esperanza 28

COLOMBIA INTELIGENTE

1. DISEÑAR COMUNIDADES ENERGÉTICAS

La energía comunitaria vincula los conceptos de la energía sostenible y del fortalecimiento comunitario ofreciendo diversos beneficios a sus miembros. Por ello, el primer paso para constituir una CE es crear un colectivo de personas, un grupo gestor, de una misma comunidad, con un interés en común: democratizar la energía y hacerla más sostenible. El diseño de una CE plantea responder algunos de los interrogantes mostrados en la Figura 1.

Figura 1. Interrogantes para responder en el diseño de una CE
Fuente: Elaboración propia

Todos estos cuestionamientos deben discutirse con un grupo e idealmente, ser el resultado de un ejercicio de pensamiento y consenso colectivo, que se apalanque en los motivadores que puede dar origen a la iniciativa de CE (ver Figura 2).

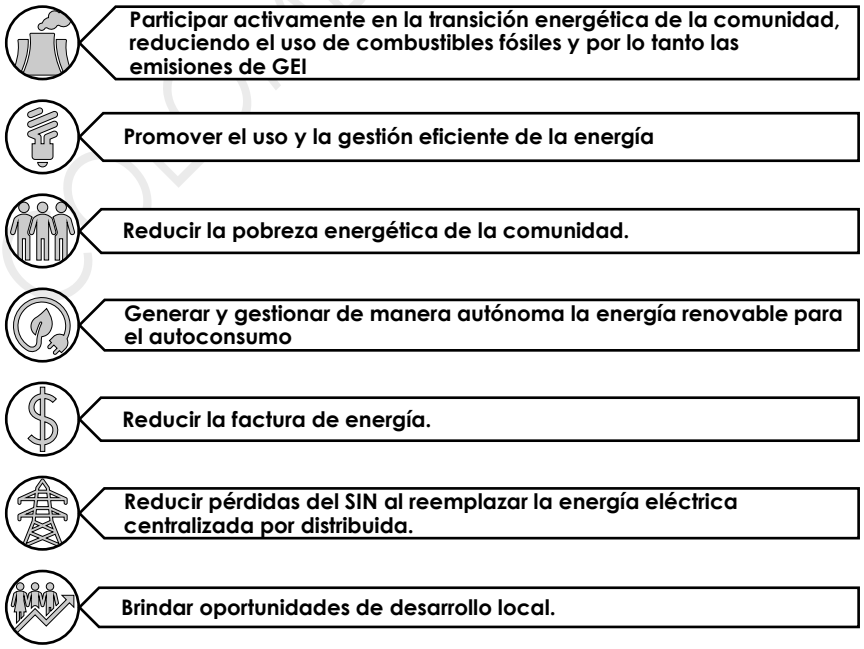


Figura 2. Motivadores de las CE
Fuente: Elaboración propia

COLOMBIA INTELIGENTE

A partir de estos cuestionamientos y motivadores, se presenta de modo más amplio las etapas para poner en marcha y mantener en funcionamiento una CE (Ver Figura 3).

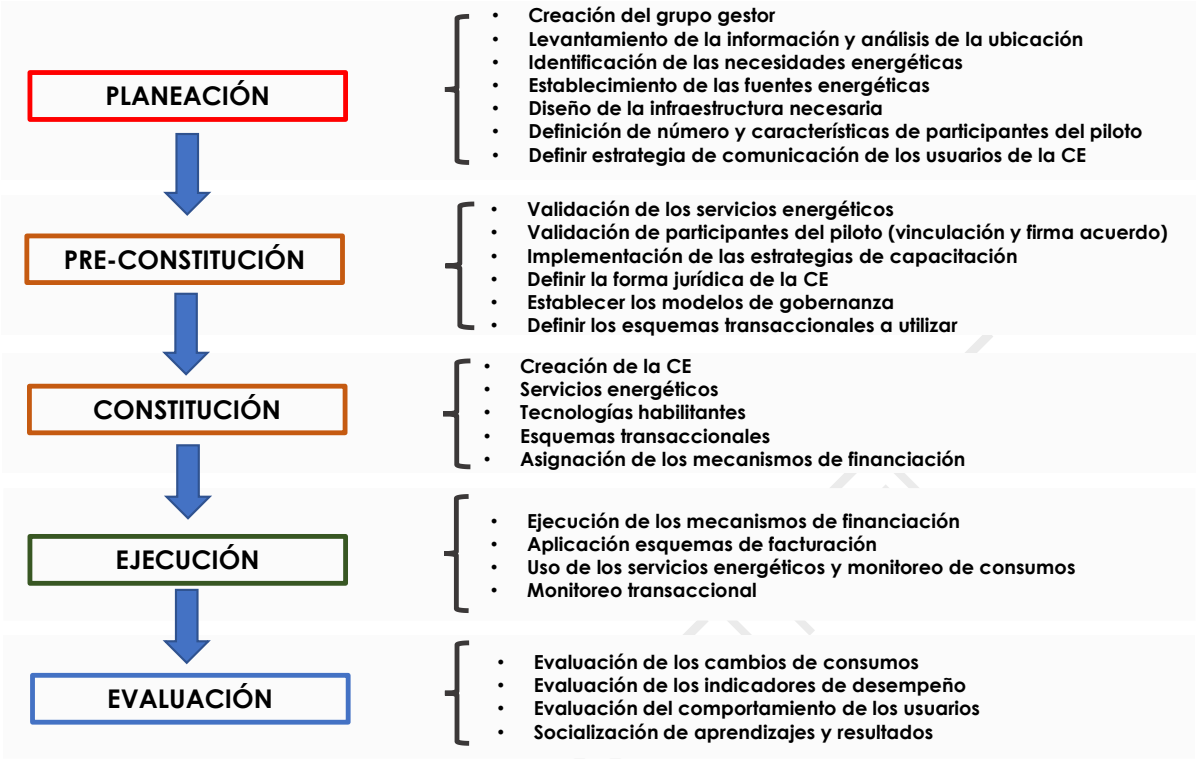


Figura 3. Etapas para el desarrollo de una CE
Fuente: Elaboración propia

De modo más simple, se listan como los elementos básicos para el diseño y puesta en marcha (pre-constitución y constitución) de una CE los mostrados en la en la Figura 4, los cuales se definen más adelante

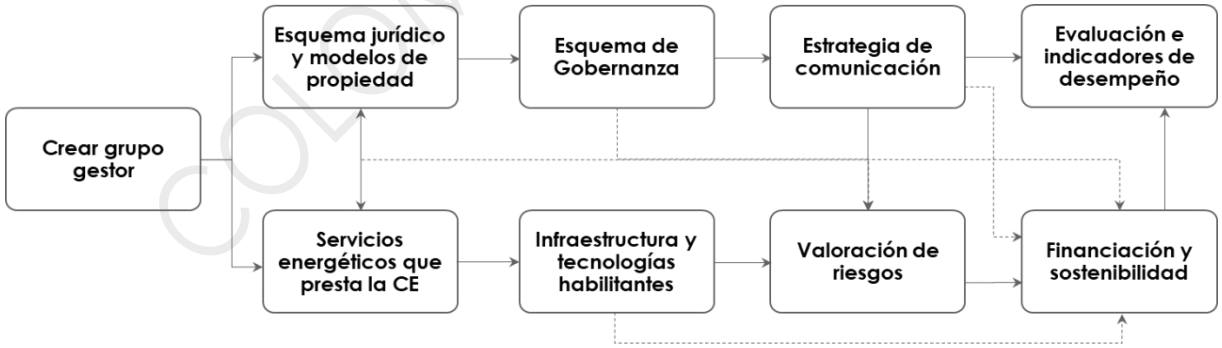


Figura 4. Elementos para la planeación e implementación de una CE
Fuente: Elaboración propia

1.1. Grupo gestor y caracterización del territorio

En esta subsección, se tienen en cuenta la caracterización del grupo que tienen la iniciativa y del territorio particular donde se pretende establecer la CE.

1.1.1. Crear grupo gestor

Las primeras etapas de un proyecto de energía de propiedad comunitaria exitoso dependen de un grupo pequeño que pueda realizar actividades de voluntariado en su tiempo libre. Un grupo gestor de 4 a 12 personas que asuman la responsabilidad y se apoyen mutuamente, idealmente, con habilidades de liderazgo, participación comunitaria, interés en aspectos técnicos y en gestión de proyectos. Las habilidades financieras, legales y de recaudación de fondos son importante, pero se pueden adquirir posteriormente.

Tips para el grupo gestor

- Hacer una **lista** de personas con quien trabajar, piensa en un grupo **diverso y conectado**.
- Ser **flexible en las ideas** y **persistentes en los objetivos** de comunidad.
- Tómate el tiempo necesario para generar **confianza** internamente.
- Es útil pensar en el grupo motor como un grupo de personas **líderes** que trabajan juntas, con la responsabilidad de **llegar a otras personas** de la comunidad.
- Diseñar un **documento** donde se defina la **forma de trabajar** y los compromisos de cada miembro.
- Llevar un registro del **logro de los objetivos** para mantener el entusiasmo.
- Planificar las **reuniones**, **documentarlas** y hacerlas **divertidas**. ¡Celebrar los **logros conseguidos**! ¡Es la fiesta de la buena energía!
- Resolver los **conflictos** en espacios abiertos y participativos.
- Definir en el grupo el mecanismo de **toma de decisiones** para evitar las situaciones de **abuso de poder**

Asegúrate de que estos esfuerzos sean consistentes, es necesario tener en cuenta que las comunidades son diversas, por lo que se debe llegar a diferentes partes de tu comunidad, no solo a los espacios dominantes a través de diversas actividades y dinámicas del grupo gestor

1.1.2. Caracterización del territorio

Hace referencia a determinar las características del territorio en términos de las necesidades de tipo energético y los recursos de que disponen para iniciar el proyecto de CE.

Necesidades energéticas	Fuentes energéticas o recursos disponibles
• Optimización del costo del servicio de energía eléctrica (analizar facturas de energía para hacerse una idea del nivel de los costos). • Suministrar de energía eléctrica de calidad, amigable con el medio ambiente y estable en el tiempo. Información proporcionada por agentes locales que viven en comunidades con electricidad. • Suministrar de energía térmica para cocinar o para proveer servicios de frio/calor. • Mejorar la gestión eficiente de la energía, características de las viviendas y edificaciones, disposición de equipos que usan electricidad, para intervenirlos y mejorar la gestión energética en ellos. • Utilizar transporte con vehículos sostenibles.	• Hacer un mapa de los recursos naturales disponibles, que permitan implementar energía solar fotovoltaica, eólica, biomasa, energía hidroeléctrica, energía geotérmica o una combinación de estas tecnologías. Recursos naturales como la velocidad del viento, la radiación solar o la cantidad de biomasa deben ser suficientes y adecuados para que la CE sea económicamente viable. • Acceder a recursos de tipo económico para desarrollar la comunidad, ayudas para GEE, subvenciones de actividades, reducción de impuestos, etc. • Evaluar la infraestructura existente, terrenos de propiedad de la comunidad y autoridades locales. La ubicación que se elija tendrá un impacto en el desarrollo y requerimientos de financiación del proyecto. • ¿Es posible vender la energía generada ya sea a la red o a personas usuarias de la red local? • ¿Son necesarios los permisos o licencias? Revisar los planes urbanísticos, ordenanzas municipales, zonas protegidas o infraestructuras cercanas que pueden obstaculizar o facilitar el proyecto.

Información y datos para Colombia

Existen Atlas interactivos de radiación solar y viento en Colombia, también de potencial energético de Biomasa y de hidroenergía.

http://atlas.ideam.gov.co/presentacion/

https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/atlas-del-potencial-energetico-de-la-biomasa.aspx

https://www1.upme.gov.co/Paginas/Primer-Atlas-hidroenergetico-revela-gran-potencial-en-Colombia.aspx

También infromación de las teconologías de generación renovable, usos y costos para Colombia.

http://www.geolcoe.siel.gov.co/main

1.2. Definir la forma jurídica y el modelo de propiedad

La forma jurídica más adecuada depende de las necesidades particulares de cada grupo comunitario y del marco regulatorio existente, la forma jurídica y los modelos de propiedad de la CE se refiere a la estructura legal de la comunidad, la cual puede ser: cooperativas, organizaciones benéficas, fideicomisos de desarrollo o negocios con accionistas comunitarios, aliados, sociedades público-privadas, organizaciones comunitarias (acción comunal, comunidades de vecinos, unidades residenciales).

Es oportuno dejar la máxima libertad a los propios fundadores de la comunidad. Sin embargo, es necesario marcar unas condiciones mínimas necesarias para consolidar una comunidad energética:

1. Ser entidad jurídica que dispone de un registro oficial (por ejemplo, el NIT).
2. Actuar en el ámbito local, dentro de una agrupación de ciudadanos, dentro de un municipio o en un número limitado de municipios colindantes.
3. Destinar todo el beneficio económico, que se pueda generar a partir de su actividad relacionada con la energía, a la reducción de costos de energía de los miembros de la comunidad energética local o, en su caso en desarrollo social de su entorno.
4. No tener restricciones para el uso de recursos de generación.
5. No tener compromisos de "compras/ventas de futuro" de producción de energía a terceros y/o de materias primas.

1.3. Establecer el esquema 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. Las comunidades deben emplear estrategias de toma de decisiones tanto participativas como no participativas. Por un lado, todas las decisiones importantes relacionadas con las finanzas o el plan de negocios deben ser tomadas por todos los miembros de la comunidad y, por otro lado, para un desarrollo práctico y más rápido del proyecto, las pequeñas decisiones por situaciones específicas generalmente se toman al interior de los equipos de trabajo voluntarios o por el líder del grupo. Ahora bien, el tipo de decisiones esta correlacionada en función del objetivo de la comunidad y para ellos podrían considerarse 5 niveles referenciales:

1. **Red de conocimiento:** involucra la asociación de usuarios con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables.
2. **Espacios comunitarios:** es un modelo que usa recursos provenientes de autogeneración o generación distribuida en espacios comunitarios únicamente tales como piscina, escuela, alumbrado o actividades conjuntas para el acceso a los recursos, pero con uso individual o focal.
3. **Comunidad transaccional:** comunidad que comparte recursos 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. Se pueden incluir almacenamiento, movilidad sostenible, autogeneración o proyectos de gestión eficienciente de la energía.
4. **Comunidad transactiva:** se 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 o utilizar los servicios energéticos de esta. Se pueden incluir almacenamiento, movilidad sostenible, autogeneración o proyectos de gestión eficienciente de la energía.
5. **Integración de Comunidades:** se pueden realizar transacciones energéticas entre dos o más comunidades energéticas aledañas o no.

COLOMBIA INTELIGENTE

A continuación, en la Tabla *1* y Tabla 2, se presentan los elementos de gobernanza definidos para cada uno de los modelos propuestos para Colombia.

Tabla 1. Elementos de Gobernanza (tipo de usuarios, propósito y
Fuente: Elaboración propia

Comunidad	Tipo de usuarios	Propósito principal	Propiedad y control
Red conocimiento	• Personas naturales • Mini, PYME • Organizaciones gubernamentales	• Intercambio de información en gestión eficiente de la energía, conciencia ambiental.	• Es autónoma. • Las actividades se gestionan por los miembros, apoyados en personal técnico experto. • Decisiones son tomadas los miembros y analizados con ayuda de personal experto.
Espacios comunitarios	• Personas naturales • Mini, PYME • Organizaciones gubernamentales	• Intercambio de información en torno a gestión eficiente de la energía, conciencia de consumo de energía, conciencia ambiental. • Participación voluntaria abierta a todos los miembros potenciales basada en criterios no discriminatorios. • Gestión de DER instalados en edificios de carácter comunitario (hospital, escuelas, municipalidades). • Obtener beneficios adicionales del tipo ambiental y social.	• Es autónoma. • Las actividades se gestionan por los miembros, apoyados en personal técnico experto. • Decisiones respecto a la información, formulación de proyectos y gestión de los DER son tomadas los miembros y analizados con ayuda de expertos. • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE.
Transaccional	• Personas naturales individuales. • Asociaciones comunitarias (Unidades residenciales, comunidades de vecinos, JAC) • Mini, PYME • Organizaciones gubernamentales	• Participación voluntaria abierta a todos los miembros. • Gestión de DER instalados en empresas, unidades comerciales, viviendas, unidades residenciales, edificios de carácter comunitario o gubernamental (Hospital, escuelas, municipalidades, etc.), granjas agrícolas. • Obtener beneficios adicionales del tipo ambiental y social. • Obtener energía renovable a menor costo.	• Es autónoma. • Las actividades diarias se gestionan a través del consejo o unidad administradora elegida por votación democrática en asamblea general de socios una vez al año. Se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas. • Las decisiones relevantes, se toman en la asamblea general de miembros. • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE.
Transactivo	• Personas naturales individuales. • Asociaciones comunitarias (Unidades residenciales, comunidades de vecinos, JAC) • Mini, PYME • Organizaciones gubernamentales	• Participación voluntaria abierta a todos los miembros. • Gestión de los DER propiedad de la CE • Generar, almacenar, distribuir y compartir energía autogenerada por la CE con miembros dentro y fuera de la zona geográfica de la generación. • Generar energía a precios menores a los de la red tradicional. • Disponer de sistemas de carga para movilidad eléctrica. • Obtener beneficios socio-ambientales. • De acuerdo con la figura legal, puede ser la obtención de beneficios económicos para cada miembro o para la comunidad en colectivo incluidos o no en el área de influencia pero que no hacen parte de la CE.	• Es autónoma. • Las actividades diarias de la CE se gestionan a través de la junta o el órgano que por votación de la asamblea de la CE haya sido elegida. Se apoya de personal técnico experto • Las decisiones relevantes, se toman en la asamblea general de miembros • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE.
Integración comunidades	• Cualquier tipo de CE ya constituidas de los modelos II a IV definidos previamente	• Agrupar dos o más CE y miembros que no pertenecen para potenciar su independencia en la gestión de la energía. • Ampliar el número de miembros que pueden integrar la CE para reducir pobreza y la dependencia energética. • Reducir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de visa de los miembros que hacen parte de la comunidad, así como de la región. • Obtener beneficios económicos para sus miembros o para reinvertirlos en la zona de influencia de la comunidad.	• Gestión autonómica de la CE, el mercado y el sector terciario. • Las actividades diarias se gestionan a criterio de la administración que cada CE tuviese si estuviera aislada y en asamblea general. Se poya de personal técnico. • Decisiones respecto a la información, formulación de proyectos y gestión de los DER deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto. • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE.

COLOMBIA IMPLEMENTA

Tabla 2. Elementos de Gobernanza (tipo de decisiones y elegibilidad)
Fuente: Elaboración propia

Comunidad	Tipo de decisiones	Elegibilidad
Red conocimiento	• Fortalecer las capacidades de la comunidad en torno de la gestión de energía. • Promover practicas individuales sobre gestión y generación colectiva de energía. • Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía. • Definir las reglas para la conformación de la comunidad.	• Por ejercicio democrático, un miembro un voto.
Espacios comunitarios	• Fortalecer las capacidades de la comunidad en torno de la gestión de energía. • Promover practicas individuales sobre gestión y generación colectiva de energía. • Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía. • Definir las reglas para la conformación de la comunidad. • Definir la estructura legal de la comunidad. • Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía. • Definir reglas para el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad. • Definir reglas para ejecutar recursos externos e internos. • Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.	• Por ejercicio democrático, un miembro un voto.
Transaccional	• Fortalecer las capacidades de la comunidad en torno de la gestión de energía. • Promover practicas individuales sobre gestión y generación colectiva de energía. • Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía. • Definir las reglas para la conformación de la comunidad. • Definir la estructura legal de la comunidad. • Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía • Definir reglas para el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad. • Definir reglas para ejecutar recursos externos e internos. • Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique. • Seleccionar los DER y mecanismos adicionales. • Definir el sistema transaccional de energía y el esquema de facturación. • Definir el responsable habilitador de la red. • Seleccionar responsables de los estudios técnicos para las conexión e intercambios energía. • Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red. • Supervisar o delegar la supervisión y mantenimiento de los DER.	• Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional al tamaño de la participación de los miembros (un voto no puede superar el 33% del total)
Transactivo	• Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía. • Definir el sistema de intercambio de energía. • Definir los esquemas tarifarios y de facturación para la energía generada y transada entre miembros de la comunidad. • Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros. • Seleccionar responsables de los estudios técnicos para las conexión e intercambios energía. • Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red. • Definir reglas para ejecutar recursos externos e internos. • Definir reglas para que los usuarios actúen como agregadores para transar energía en el mercado. • Definir la tarifa de los servicios energéticos proporcionados. • Supervisar o delegar la supervisión y mantenimiento de los DER	• Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional al tamaño de la participación de los miembros (un voto no puede superar el 33% del total)
Integración comunidades	• Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía. • Definir el sistema de intercambio de energía. • Definir los esquemas tarifarios y de facturación para la energía. • Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros. • Definir los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía. • Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red. • Supervisar o delegar la supervisión y mantenimiento de los DER. • Definir reglas para ejecutar recursos externos e internos. • Definir reglas para que los usuarios actúen como agregadores para transar energía en el mercado. • Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE. • Definir reglas para ejecutar recursos externos e internos. • Proporcionar servicios de consultoría externa y apoyo para conformación de otras comunidades. • Definir mecanismos de control y seguimiento a los procesos al interior de la comunidad.	• Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional al tamaño de la participación de los miembros (un voto no puede superar el 33% del total)

COLOMBIA INTELIGENTE

1.4. Definir los servicios energéticos

Los servicios energéticos que presta la CE pueden estar relacionados con los siguientes ítems:

- Generación de energía renovable.
- Combatir la pobreza energética.
- Distribución de la energía.
- Suministro de energía.
- Agregación de energía.
- Almacenamiento colectivo y autoconsumo.

El proceso de planeación y diseño de servicios de energéticos de la comunidad puede apoyarse en procesos estandarizados de acuerdo a los recursos renovables que se utilicen. La siguinte figura muestra un ejemplo general para el desarrollo de un proyecto energético en una comunidad.

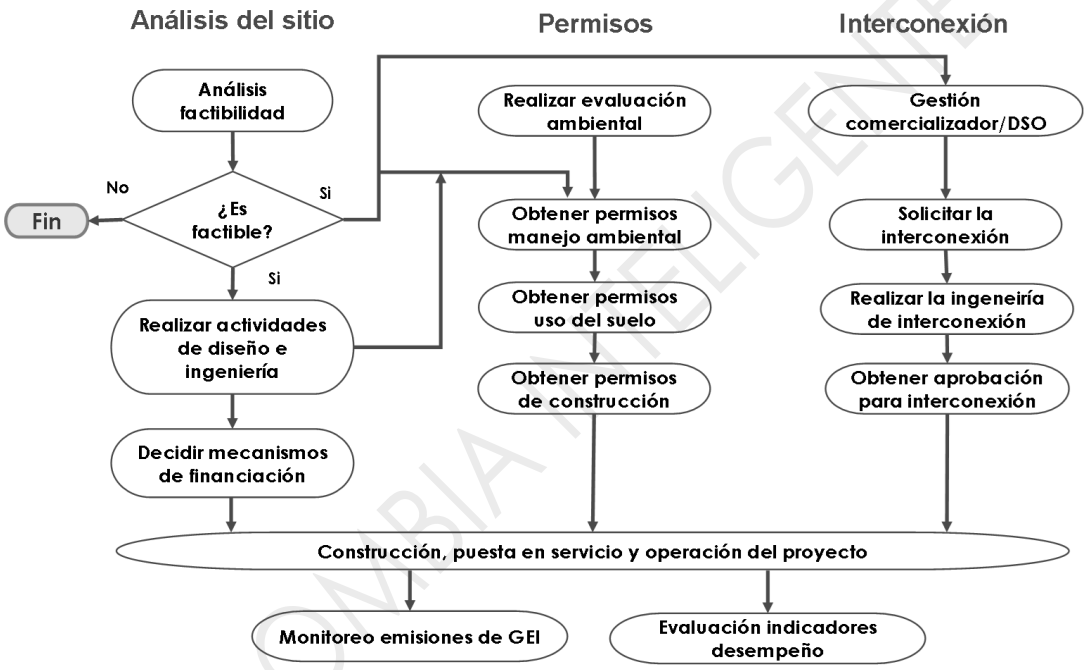


Figura 5. Desarrollo de un proyecto de CE
Fuente: Elaboración propia

1.5. Identificar la infraestructura y tecnologías habilitantes

Para la prestación de los servicios energéticos toda CE requiere de componentes y tecnologías que permitan su adecuado funcionamiento. El listado detallado y las especificaciones de estas dependen de las características y servicios energéticos particulares de cada comunidad. Las principales tecnologías y elementos que pueden ser incluidos en el proyecto de energía comunitaria son: Sistemas de generación renovable, medidores, plataformas de gestión de datos, sensores, e internet de las cosas. Y para que todos ellos puedan interrelacionarse de forma adecuada, se requiere de una arquitectura tecnológica y de un esquema transaccional acorde con las necesidades de la comunidad.

Esquema transaccional. Los esquemas transaccionales describen la forma en la que se dan las transacciones y los flujos de información para llevar a cabo tareas y conseguir resultados determinados y deben incluir a los consumidores y prosumidores, agregadores, DSO, recursos energéticos, entidades de regulación y supervisión y modelos de negocio y puede determinarse a partir de 5 capas que interactúan entre sí, intercambiando información y funciones.

COLOMBIA INTELIGENTE

Para establecer el esquema transaccional de tu comunidad te recomendaos seguir los siguientes pasos:

Dimensionar energéticamente tu comunidad: esto requiere determinar la cantidad y capacidad de cada fuente de generación de energía disponible. También debes incluir todas las cargas y elementos que consumirán energía.

Determinar con precisión los elementos, actores y componentes que se encontraran en cada capa para el caso de tu comunidad.

Establecer la información y acciones que se intercambiarán entre cada una de las capas. 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.

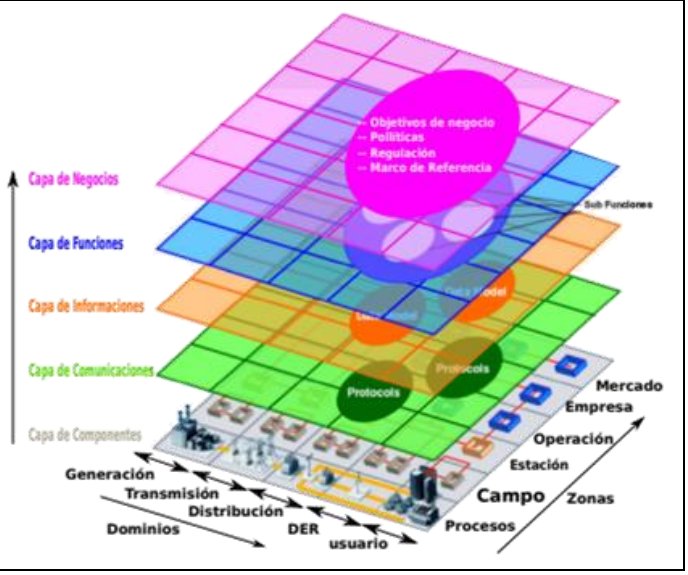
Arquitectura tecnológica. Puede considerarse como un modelo conceptual que define la estructura, gobernabilidad y relaciones entre el hardware, software y datos entre otros aspectos. Requiere involucrar varios dominios relacionados como aspectos técnicos, mercados energéticos y gobernanza para definir cómo se interconectará el sistema e intercambiará información, especificar las funcionalidades, el comportamiento, interfaces, protocolos utilizados y modelos de datos de una manera segura y compatible con la privacidad. Las diferentes capas de interoperabilidad permiten los intercambios entre estos actores y dispositivos en diferentes aspectos.

Para determinar la arquitectura tecnológica de tu comunidad debes:

1. Hacer un listado con todos los componentes y actores participantes en tu comunidad.
2. Cada elemento debe ubicarse en cada uno de los ejes del diagrama: inicialmente se determina el Dominio (a que etapa de la cadena de valor de la energía eléctrica pertenece), luego en que Zona se ubica (de acuerdo a la funcionalidad que presta) y finalmente a que Capa pertenece (teniendo en cuenta su propósito).

En Tabla 3 se relacionan cada una de las capas del esquema transaccional y la arquitectura tecnológica.

Tabla 3. Esquema transaccional y arquitectura Tecnológica Modelo SGAM
Fuente: Adaptado de (Caicedo, Castillo, Morales, Echeverry, & García, 2017) (Sebilleau, 2019)

Capa	Descripción	Esquema por capas
Negocio	Estructuras de regulación, económicas y políticas sobre los modelos relacionados con las empresas, las posibilidades de negocio y los agentes del mercado involucrados,	
Función	Funciones y servicios que el negocio necesita.	
Información	Objetos y modelos de datos de información, su uso y mecanismo de intercambio entre funciones.	
Comunicación	Describe los mecanismos y protocolos para el intercambio interoperable de información entre funciones.	
Componentes	Equipos del sistema de potencia, los dispositivos de protección y control de la teleoperación, la infraestructura de red (conexiones de comunicación por cable, inalámbrico, routers, switches) y cualquier tipo de computadoras.	

1.6. Valorar los riesgos

La valoración de riesgos que puede tener la implementación de la CE, dependiendo de las características generales de cada proyecto varían en función de las actividades involucradas para la puesta en marcha del proyecto de comunidad energética (ver Figura 3y Figura 4). Una vez definidos las actividades, los riesgos asociados pueden clasificarse en: Riesgos financieros, riesgos políticos/legales, riesgos de diseño, construcción y operación, riesgos sociales, y riesgos ambientales. A continuación, en la Tabla 4 se presenta la matriz de riesgo asociada a una CE, la cual puede valorarse utilizando niveles de riesgo, así: Ninguno (1), bajo (2), medio (3), alto (4), muy alto (5).

Tabla 4. Matriz de riesgos para implementación de comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

	Riesgo/Actividad	Acciones de mitigación
Financieros	Falta de recursos para iniciar la comunidad	Diversificación de fuentes de recursos
	Volatilidad de las variables macroeconómicas o de los precios de los insumos	Implementar nuevas medidas de control para la compra
	Quiebra o insolvencia de los contratistas	Adecuada selección de los contratistas
	Incremento en los costos relacionados con la financiación del proyecto (estimado > real)	Adecuado análisis financiero previa ejecución. No perder de vista el mínimo detalle
	Fluctuación de precio de la energía	Intervenciones del mercado energético como firmas de contratos de valores fijos de energía
	Coberturas insuficientes de los seguros disponibles	Realizar un reconocimiento detallado de los riesgos a asegurar
Políticos/legales	Falta de instrumentos de fomento, mecanismos de incentivo y apoyo adecuados, claros y de fácil acceso o aplicación para las comunidades energéticas locales	Generar señales correctas, junto con los mecanismos de corrección a medida que las comunidades energéticas locales se vayan multiplicando
	Cambios del orden legislativo - normas, regulaciones, licencias o estándares, Impuestos, transferencias ambientales, etc.-	Implementar mecanismos adaptativos en diseño y puesta en marcha de la comunidad
	Demoras en la obtención de permisos, licencias u otras aprobaciones regulatorias para el proyecto	Conocer a profundidad los tiempos y procedimientos necesarios, contar con planes de contingencia
	Cancelación, vencimiento, pérdida de permisos y/o aprobaciones o garantías	Disponer de personal adicional para ejecutar obras antes del vencimiento de términos
	Contratista o subcontratista que no cumple con las regulaciones locales	Establecer el uso obligatorio de pólizas de cumplimiento contractual para los contratistas
	Retrasos como consecuencia de cumplimiento de trámites aduaneros	Elaborar planes de contingencia para das continuidad a la obra por diferentes frentes de acción
Diseño, construcción y operación	Incumplimiento de los planes de gestión de calidad por parte de los contratistas	Establecer el uso obligatorio de pólizas de cumplimiento contractual para los contratistas
	Falta o fallas de supervisión por parte de la interventoría del proyecto	Plan de seguimiento y control a la interventoría por parte de la comunidad
	Defectos de diseño que solo se detectan en la operación	Ejecutar las pólizas de garantías de equipos
	Deficiencias o fallas importantes de diseño que son detectadas durante el desarrollo del proyecto	Disponibilidad de personal especializado para plantear planes de contingencia
	Aparición de elementos de diseño que no fueron tenidos en cuenta en los costos	Disponer de reserva presupuestal para imprevistos
	Manejo inadecuado de la gestión de los activos.	Incluir un programa integral de gestión de activos
	Dificultades de acceso a la distribución a través de las redes existentes	Planear y proyectar flujos de energía a corto y mediano plazo
Sociales	Reubicación de una parte de los habitantes y su desplazamiento hacia otro lugar	Incluir criterios de flexibilidad y reservas energéticas en el diseño inicial
	Incapacidad para transformar consumidores pasivos (ciudadanos, empresas, entidades) en sujetos activos de la cadena de valor de abastecimiento energético	Diseño e implementación de planes de sensibilización y cultura energética
	La insuficiencia de personal para llevar a cabo actividades de importancia crítica y la indisponibilidad de mano de obra calificada y no calificada por la competencia con otros proyectos	Contratación de terceros expertos en áreas energéticas, ejecución de tareas en forma simultánea

COLOMBIA WITH CIAT

	Riesgo/Actividad	Acciones de mitigación
	Falta de experiencia de los miembros para la administración de un proyecto de esta magnitud, especialmente en la toma de decisiones, la resolución de litigios, conflictos o disputas	Conformar un equipo de asesores externos en temas administrativos y financieros
	Fallas en la gestión social que produzcan manifestaciones en su contra, resistencia o dificultades de aceptación por parte de la comunidad	Diseño e implementación de planes de sensibilización socio cultural
	No vinculación a la comunidad o desvinculación por falta de comprensión del proyecto y sus beneficios	• Garantizar la decisión colectiva y la transparencia para disminuir la resistencia. • La posibilidad de que los vecinos afectados tengan alguna participación (financiera) y se beneficien directamente de los proyectos energéticos
Ambientales	Agotamiento de recursos naturales	Promover las mejores prácticas de gestión y operación
	Cambio de hábitat de la fauna del lugar de influencia y alteración del paisaje	Promover las mejores prácticas de gestión y operación
	Contaminación del agua, el suelo y el aire por vertimientos, generación de GEI y residuos sólidos	• Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar los beneficios con la aplicación de la gestión energética. • Favorecer la mejora de la gestión de la energía en conjunto con proyectos de reducción de los gases de efecto invernadero • Apoyar la evaluación y priorización de la implementación de tecnologías más eficientes.
	Contaminación por ruido superior al permitido –por ejemplo, por voladuras con explosivos, operación de turbinas, motores	Diseño de instalaciones para mitigación de ruido (Cuartos de máquinas)
	Fuga o derrame de materiales peligrosos durante el transporte o en el sitio de construcción	Capacitación a los usuarios para un uso responsable
	Fallas en los diseños de ingeniería con respecto al cumplimiento de los estándares ambientales requeridos	Rediseño y cambio en las condiciones de operación para adaptarse a la normatividad vigente

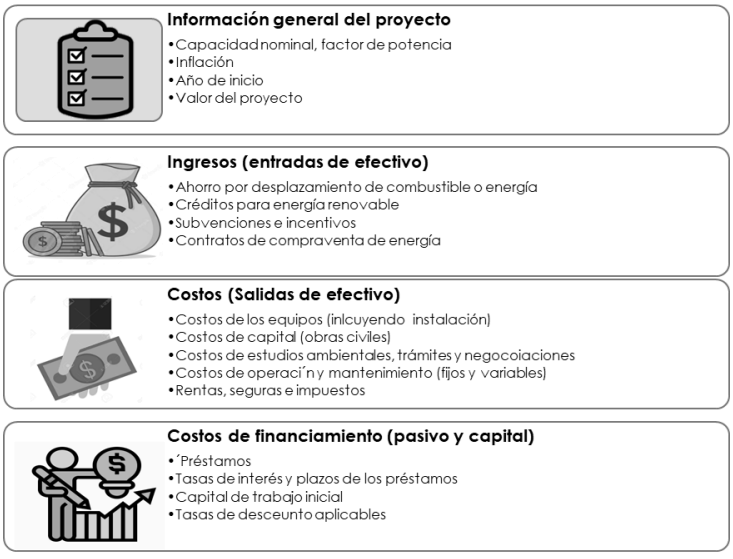
1.7. Definir mecanismo de financiación y sostenibilidad

Para la financiación de la CE es importante considerar las fuentes de financiación y la sostenibilidad económica de la misma, estos temas se muestran a continuación. Para la financiación y sostenibilidad de la CE es importante considerar las fuentes de financiación y los elementos que se muestran a continuación:

Fuentes financiación

- Subvenciones.
- Préstamos bancarios tradicionales.
- Apoyo de gobierno local o regional.
- Incentivos tributarios para proyectos energéticos.
- Préstamo bancario.
- Financiación por terceras partes.
- Leasing.
- Fondo rotatorio cooperativo.

Elementos de sostenibilidad



COLOMBIA INTELIGENTE

Mecanismos y fondos de financiación
Proyectos Energéticos para Colombia

Las Comunidades Energéticas pueden acceder a financiación especial por Gestión eficiente de la Energía, Uso de Fuentes No Convencionales de Energía, Desarrollo Territorial, Desarrollo empresarial, emprendimiento, trasformación digital y Regalías.

Puedes encontrar más información en:

https://www1.upme.gov.co/Incentivos/Paginas/abcgee.aspx
https://www1.upme.gov.co/Incentivos/Paginas/abcfnce.aspx
https://fenoge.com/programas-y-proyectos/
https://www.findeter.gov.co/productos-y-servicios/l%C3%ADneas-de-cr%C3%A9dito-directo
https://www.bancoldex.com/soluciones-financieras/lineas-de-credito
https://innpulsacolombia.com/
https://minciencias.gov.co/ocad_fctei/fondo-fctei-sgr/que-es
https://www1.undp.org/content/undp/es/home/funding/funding-windows.html
https://www.iadb.org/es/cambio-climatico/iniciativa-de-energia-sostenible-y-cambio-climatico

1.8. Diseñar la estrategia de comunicación

Una estrategia de comunicación para el caso de la comunidad energética, tiene el objetivo de convertir al receptor en un miembro de la comunidad o en un cliente de los servicios energéticos ofrecidos por la misma. Estas estrategias pretenden que el público conozca de los beneficios de pertenecer a una comunidad, y la importancia de lo que cada servicio energético proporciona desde el punto de vista técnico y ambiental (ver Tabla 5).

Tabla 5. Elementos para la estrategia de comunicación
Fuente: Elaboración propia

Ítem	Descripción
Elementos	• Definir los objetivos de la estrategia a implementar. Así, por ejemplo, informar sobre comunidades energéticas y sus beneficios, o definir los requisitos para formar parte de la comunidad, etc. • Establecer un presupuesto viable para la definición y la implementación de la estrategia. • Seleccionar los canales de comunicación adecuados según las características del público objetivo y los mensajes a transmitir. • Establecer los plazos de ejecución de las estrategias de comunicación. • Medir y evaluar los resultados de la estrategia.
Medios	• Internet: redes sociales, página web. • Televisión/Radio. • Teléfonos celulares. • Medios comunicación escrita: periódicos, carteleras comunitarias, etc.
Estrategias	**Generar lazos comunitarios** • Ser un buen oyente, • desarrollar y fortalecer habilidades de empatía y confianza, • ser flexible en las diferencias, • Organizar reuniones entre los vecinos , • Transmitir mensajes teniendo en cuenta que las comunidades son diversas. Cuida del lenguaje usado para transmitir la información, • Evaluar el nivel de Pobreza energética. **Fortalecer la comunidad energética** • Definición equipos de trabajo, identificación de necesidades y constitución. • La escasez de medios financieros no es un obstáculo para participar en el cambio del modelo energético • Busca información de experiencias vivenciales. • La ciencia y las energías renovables van de la mano • Genera soluciones a la medida • Garantizar la decisión colectiva y la transparencia para disminuir la resistencia. • Gestionar convenientemente las dinámicas de poder. • Hacer seguimiento a la operación de la comunidad

1.9. Evaluación e indicadores de desempeño

Los indicadores de desempeño se usan para evaluar diferentes aspectos desde el punto de vista energético y ambiental. Considerando la complejidad que representan las comunidades energéticas, la cual podría asumir el papel de sistemas de poligeneración, donde se involucran varias fuentes de energía, diferentes vectores energéticos y diferentes etapas de conversión de la energía, los indicadores definidos deben ser una buena compensación entre la especificidad de la representación y la versatilidad de la aplicación, además de incluir los indicadores desde el punto de vista social o de miembros de la comunidad y beneficiarios de los servicios energéticos. De esta manera, se definen cuatro grupos principales de indicadores para evaluar el desempeño de una comunidad energética como mostrados en la Tabla 6 muestra los indicadores.

Tabla 6. Indicadores de desempeño de una Comunidad energética
Fuente: Elaboración propia

Tipo	Indicador	Fórmula
Energéticos	Proporción de Energía eléctrica autogenerada por la comunidad	$\%\text{GE} = \frac{Enegía\ generada}{Demanda\ total\ energía\ CE} x100\%$
	Proporción energía eléctrica generada por fuente (solar, eólica, biomasa, etc)	$\%GT_i = \frac{Enegía\ eléctrica\ Generada\ fuente\ i}{Total\ energía\ generada\ (kW)} x100\%$
	Proporción energía térmica generada por fuente (cogeneración, residual, biodigestión, etc)	$\%GT_i = \frac{Enegía\ térmica\ Generada\ fuente\ i}{Total\ demanda\ energía\ térmica\ (kW)} x100\%$
	Reducción de energía por aplicación de mecanismos de eficiencia energética	$\Delta E\ (GEE)_i = \frac{Energía\ consumida\ antes\ i - Energía\ consumida\ después\ i}{Energía\ consumida\ antes\ \ i\ (KWh)} x100\%$
	Proporción de energía que es vendida o comprada externamente a la CE	$\%\ Energía\ vendida\ o\ comprada = \frac{Energía\ vendida\ o\ comprada}{Enegía\ total\ (KWh)} x100\%$
	Demanda de energía por proceso	$\%DE_P = \frac{Demanda\ energía\ proceso\ i(kW)}{Total\ energia\ demanda\ (kW)} x100\%$
Ambientales	Reducción de emisiones por aplicación de sistemas de generación no convencionales	$\Delta\text{Emisión}_i = FE * (Consumo\ antes\ RD - Consumo\ despues\ RD)$
	Cantidad de agua refrigeración utilizada por planta de generación	$\%\Delta\text{DA} = \frac{Descarga\ Agua\ antes - Descarga\ Agua\ despues}{Descarga\ Agua\ antes} x100\%$
	Reducción de residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario	$\%\Delta\text{RS} = \frac{Residuos\ sólidos\ antes - Residuos\ sólidos\ despues}{Descarga\ Agua\ antes} x100\%$
	Proporción de residuos sólidos y otros generados en las plantas de generación y sistemas de almacenamiento	$\%\text{Residuos} = \frac{Residuos\ generados}{Residuos\ totales\ generados} x100\%$
Sociales y de comunidad	Proporción habitantes de la zona que hacen parte de la CE	$\%\ Miembros = \frac{\#\ miembros\ de\ la\ CE}{\#\ total\ de\ habitantes} x100\%$
	Proporción de prosumidores y consumidores de la CE	$\%UPC = \frac{\#\ usuarios\ prosumidores\ o\ consumidores}{Total\ usuarios\ usuarios} x100\%$
	Proporción de miembros y no miembros que reducen pobreza energética.	$\%UPE = \frac{\#\ usuarios\ salen\ pobreza}{Total\ usuarios\ pobreza\ energética} x100\%$
	Distribución de usuarios que han sido objeto de capacitación en torno a CE y se han vinculado.	$\%UC_i = \frac{\#\ usuarios\ capacitados}{Total\ usuarios\ zona} x100\%$
	Proporción de usuarios que compran o venden energía a la CE.	$\%U\$_i = \frac{\#\ usuarios\ vendeo\ o\ compran}{Total\ usuarios\ zona} x100\%$
Económicas	Variación Costo por demanda de energía	$\Delta\$\ \text{DE} = \frac{Costo\ Demanda\ Enegía\ antes - Costo\ Demanda\ energia\ despues}{Costo\ Demanda\ Energía\ antes} x100\%$
	Ingresos/ Reducción por autogeneración de energía	$\Delta\$\ \text{DE} = \frac{Costo\ Enegía\ \text{antes}\ autogeneración - Costo\ Energía\ después\ autogeneración}{Costo\ Energía\ antes\ autogeneración} x100\%$
	Usuarios capacitados	$\%UCRD_i = \frac{\#\ usuarios\ capacitados}{Total\ usuarios} x100\%$
	Usuarios con sistemas renovables	$\%UR_{ei} = \frac{\#\ usuarios\ renovables}{Total\ usuarios} x100\%$

COLOMBIA INTELIGENTE

También es importante considerar la Tabla 7 la cual contiene lista de chequeo para el seguimiento de todas las actividades que se deben desarrollar en la implementación de una CE.

Tabla 7. Lista de chequeo de actividades CE
Fuente: Elaboración propia

Fase	Actividad	Estado
Planeación	Creación del grupo gestor	
	Levantamiento de la información y análisis de la ubicación	
	Identificación de necesidades energéticas	
	Establecimiento de las fuentes energéticas	
	Diseño de la infraestructura necesaria	
	Definición de número y características del piloto	
	Definir estrategia de comunicación de los usuarios de la CE	
Pre-Constitución	Validación de los servicios energéticos	
	Validación de los participantes del piloto	
	Implementación de las estrategias de capacitación	
	Definir la forma jurídica de la CE	
	Establecer modelo de gobernanza	
	Definir esquemas transaccionales a usar	
Constitución	Creación de la CE	
	Servicios energéticos	
	Tecnologías habilitantes	
	Esquemas transaccionales	
	Asignación de mecanismos de financiación	
Ejecución	Ejecución de los mecanismos de financiación	
	Aplicación esquemas de facturación	
	Uso de los servicios energéticos y monitoreo de consumos	
	Monitoreo transaccional	
Evaluación	Evaluación de los cambios de consumos	
	Evaluación de los indicadores de desempeño	
	Evaluación del comportamiento de los usuarios	
	Socialización de aprendizajes y resultados	

COLOMBIA INTELIGENTE

2. ESTRUCTURACIÓN PILOTOCOMUNIDAD LUZ DE ESPERANZA

En esta sección se presenta la aplicación de los elementos de la sección 1, al diseño conceptual de un piloto de comunidad energética para el caso Colombia, particularmente un piloto de modelo tipo IV, Comunidad energética transactiva. Se diseña una comunidad energética en la localidad **Luz de Esperanza**, ubicada entre los 2.500 y 2.700 msnm en la cual, 200 de sus habitantes decidieron constituirse como una comunidad energética.

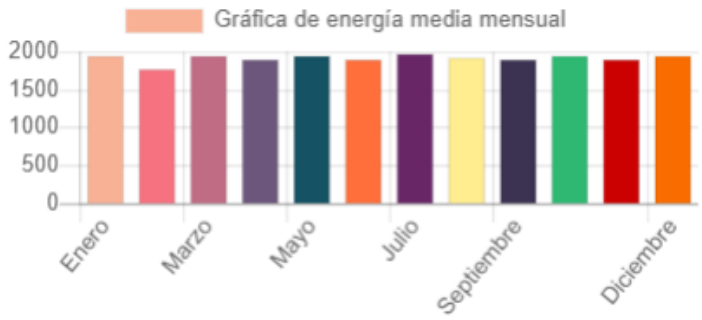
2.1. Conformación del grupo gestor y análisis del territorio

A continuación, se presenta, los elementos de origen de la comunidad energética. Se describe la configuración del equipo gestor y se analiza el territorio en relación a la identificación de las necesidades energéticas y los recursos disponibles para suplir dichas necesidades en el territorio donde se ubica la comunidad energética.

2.1.1. Crear un grupo gestor

Los iniciadores de la comunidad lo conformaron un grupo de **5 personas** habitantes de **Luz de Esperanza**, quienes preocupados por el aumento en los costos de la energía eléctrica y del gas usado para cocinar deciden iniciar el proyecto de constituir una Comunidad Energética. Este pequeño grupo inicia el proceso presentando una propuesta para generar electricidad a partir de paneles solares que serían ubicados en el tejado de la institución educativa de la localidad, propuesta que fue presentada a la alcaldía correspondiente.

2.1.2. Caracterización del territorio

Necesidades energéticas	Fuentes energéticas o recursos disponibles
• Mejorar la calidad de prestación del servicio de suministro de energía eléctrica (cuando hay fuertes lluvias, es posible que se interrumpa el servicio). • Suministro de gas para cocinar. La comunidad carece de redes de gas natural por lo que es necesario adquirir gas propano en pipetas, cuyo costo es elevado. • Reducir la factura de los servicios de energía, dado que tanto la energía eléctrica como el gas propano representan un costo significativo en la economía de la comunidad. • Transporte para algunos estudiantes de la comunidad educativa. • Reducir costos de disposición de residuos sólidos orgánicos. • Mejorar las condiciones medioambientales de la localidad.	• En una ubicación sobre el nivel del mar de 0 a 2500 y una radiación normal promedio de 220 a 130 kWh/m²/año con picos de hasta 250 kWh/m2/día (European Comission, 2021), cuyo potencial de generación de electricidad mensual es mostrado en la siguiente figura (UPME, 2020)**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**:  • Disponibilidad de 3.000 kg (0,5 kg diarios por habitante) de residuos sólidos urbanos por mes, para los 200 miembros de la CE (22.500 kg de residuos para la población total). Se estima una planta de biogás que use el 25% del total de residuos de la población, que puede generar un estimado de 0.250 m³ biogás/kg biomasa (1400 m³/mes), de los cuales entre un 40 y un 60% es metano (700 m³/mes) con potencial para generar 1000 kWh/mes si todo se transforma en electricidad usando un motor a combustión a gas (Blanco et al., 2017). Tomando como promedio de consumo de 3 m³/mes/habitante • Edificios comunitarios y públicos (la alcaldía, la institución educativa y el hospital) y las viviendas de algunos de 15 de los miembros de la cooperativa, y un conjunto de dos bloques de apartamentos de 5 pisos cada uno, en cuyos techos y azotea se pueden instalar las estructuras de los sistemas fotovoltaico. • Un terreno de propiedad del municipio donde instalar el sistema de generación de biogás y electricidad a partir de los residuos sólidos urbanos.

COLOCA INTELIGENTE

2.2. Definir la forma jurídica y modelos de propiedad

Para el caso de estudio particular y con el apoyo de la alcaldía, el **equipo gestor y 15 miembros** más constituyeron en junio 2021, **Luz de Esperanza**, una **cooperativa** de energía sostenible única en Colombia que hoy reúne **200** habitantes de la localidad de su mismo nombre situada en una región entre 2500 y 2700 msnm. Del total de miembros, 190 miembros están en zona urbana, donde se concentran la mayoría de los puntos de generación y 10 se encuentran más alejados en zona un poco rural más hacia la periferia de la localidad.

La cooperativa permite que todos los ciudadanos puedan formar parte, con la compra de una o varias participaciones, con un límite máximo de 10 participaciones por persona. Actualmente, la comunidad tiene el 75% de las participaciones y el municipio el 25%. Cada participación cuesta **$250.000** con lo que cada miembro se convierte en copropietario de las instalaciones, participan de los beneficios y les permite comprar energía a precios justos. La cooperativa está sujeta a un modelo de **propiedad democrático**; es decir, **cada socio** tiene **un voto** en la asamblea general independiente del número de participaciones que posea. Dado que es una cooperativa constituida de acuerdo a la legislación colombiana, y que busca beneficios para sus miembros y la comunidad aledaña, limita los dividendos anuales a un máximo del 5 % por participación y reinvierte lo demás en proyectos de comunidad. En la cooperativa se distribuyen una parte de los beneficios (80%) entre sus socios y utilizan el resto para desarrollar nuevos proyectos o beneficiar a la comunidad local en su conjunto.

2.3. Establecer el esquema de gobernanza

La comunidad energética Luz de esperanza, es una cooperativa con autonomía de gestión, en donde cualquier **persona natural o jurídica** interesada puede hacerse miembro o retirarse de la misma de forma libre y voluntaria, con capital variable y gestión democrática, un miembro un voto. La cooperativa está integrada por la ciudadanía y la municipalidad. En esta cooperativa hay miembros que participan mediante la aportación de terrazas para la instalación de los paneles solares, otros con capital y otros meramente como consumidores. La cooperativa promueve un autoconsumo colectivo del que se benefician tanto los vecinos como las edificaciones públicas situados en un radio de 500 metros, y mediante una red tipo VPP, también se conectan los 10 miembros que se hallan fuera de este rango. Los sistemas de autogeneración se hayan ubicados en el hospital, en la zona polideportiva y en 15 viviendas. Pueden recibir energía, habitantes de la localidad que no cuentan con electricidad, a menor precio de la del mercado.

Como cooperativa, el eje central de las decisiones lo constituye la **asamblea general** de miembros que se reúne de forma **ordinaria una vez al año** y de forma extraordinaria cuando lo considere necesario. La asamblea de socios elige en esta reunión al Consejo, órgano que se encarga de tomar las decisiones de administración regular de la misma, conformado por miembros que de forma voluntaria se hacen elegir. El consejo es el encargado, entre otros de elegir al administrador de la cooperativa, una persona externa a la cooperativa. A continuación, los elementos de modelo de Gobernanza de la cooperativa **Luz de Esperanza** (ver Tabla 8).

Tabla 8. Indicadores de desempeño de una Comunidad energética
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de usuarios	Abierto a todo tipo de personas: • Personas naturales • Agrupaciones de vecinos o unidades residenciales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Organizaciones gubernamentales
Propósito principal	• Participación voluntaria abierta a todos los miembros • Gestión de los DER propiedad de la CE • Generar, almacenar, distribuir y compartir energía autogenerada por la CE con miembros dentro y fuera de la zona geográfica de la generación.

COLOMBIA INTELIGENTE

Criterio	Descripción
	• Generar energía a precios menores a los de la red tradicional • Gestionar un sistema de carga para 10 bicicletas (escuela) • Obtener beneficios del tipo ambiental y social • De acuerdo con la figura legal, puede ser la obtención de beneficios económicos para cada miembro o para la comunidad en colectivo incluidos o no que están en el área de influencia pero que no hacen parte de CE
Propiedad y control	• Son autónomos en la toma de decisiones que beneficien a sus miembros. • Las actividades diarias de la CE se gestionan a través de la junta o el órgano que por votación de la asamblea de la CE han sido elegidos, también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). Las decisiones relevantes, se toman en la asamblea anual que se realiza con todos los miembros de la CE. • Gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE.
Elegibilidad	Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional a la participación de cada miembro sin que supere el 33% del total de votación.
Tipo de Decisiones	• Acompañar a la municipalidad con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas que beneficien la comunidad. • Definir el 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. • Definir los esquemas tarifarios y de facturación para la energía generada y transada entre miembros de la comunidad. • Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros. • Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía. • Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red. • Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad. • Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad. • Definir si nuevos usuarios pueden unirse en la figura de agregador para transar energía en el mercado. • Definir la tarifa de los servicios energéticos proporcionados. • Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE.

2.4. Definir los servicios energéticos

Para la Comunidad Luz de Esperanza se tendrán los siguientes servicios energéticos.

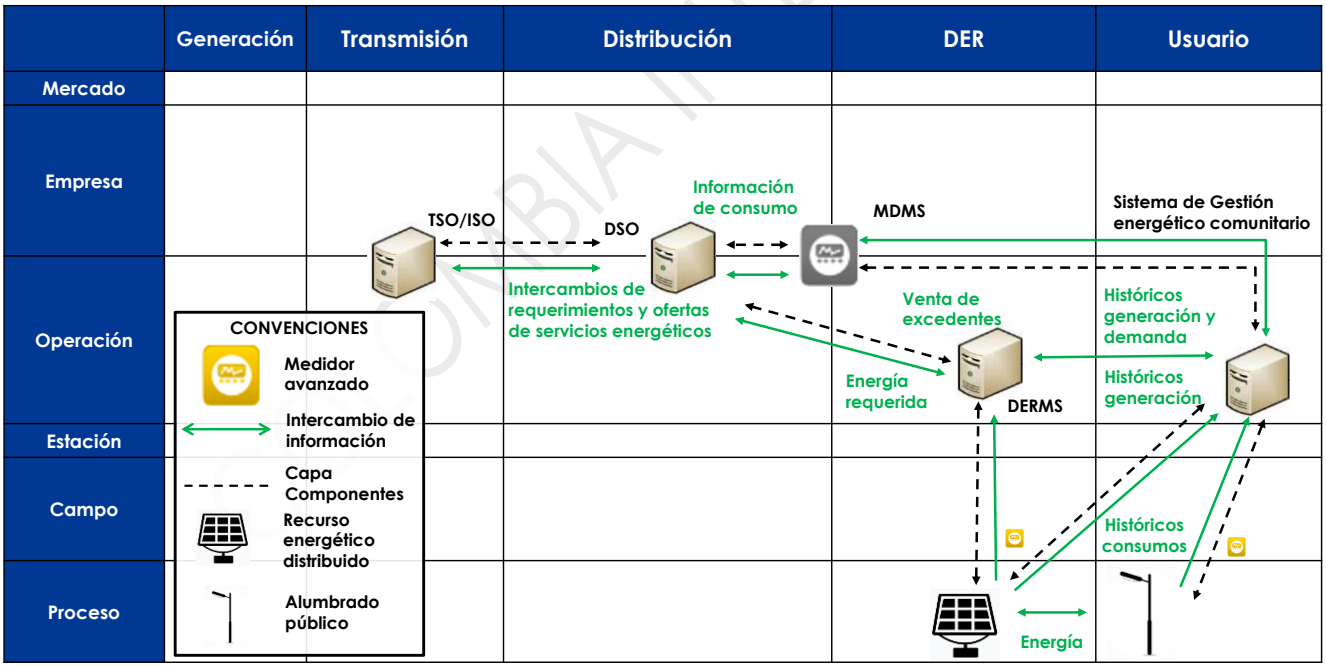
Servicios	Descripción
Generación eléctrica	La cooperativa genera energía eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos ubicados en los tejados de algunas viviendas de los miembros de la cooperativa (15 viviendas), en el hospital, la institución educativa, el centro deportivo y la alcaldía de la localidad, y generación de electricidad a partir de un sistema de cogeneración a partir de los residuos sólidos urbanos que genera la localidad (sistema biodigestión/motor combustión interna a gas).
Generación térmica	A partir de residuos sólidos para usar en cocción y calentamiento de agua (biogás).
Comercializar	Suministrar energía comunitaria por parte de la organización y brindar servicio de electricidad a usuarios que se encuentren en zonas alejadas/aisladas
Programa gestión eficiente de la energía	Medidas de gestión eficiente de la energía en los domicilios privados de sus socios y en los edificios públicos y comunitarios, en los cuales coordina todo el proceso, de principio a fin. Enseñan sobre mejores formas de emplear los recursos energéticos disponibles con el fin de aprovecharlos al máximo. Prestan el servicio de forma gratuita a los miembros de la comunidad y con cobro a los edificios públicos y externos a la comunidad.
Venta de excedentes de energía a la red /Intercambio (P2P)	La cooperativa vende el excedente (de acuerdo a la regulación establecida por la CREG) de la energía en red y aplica descuentos en el recibo de la energía eléctrica a cada socio en función de su participación en la CE. Los miembros de la comunidad energética podrán transar su energía directamente entre ellos.
Movilidad eléctrica	La CE contará con un punto de recarga para 20 bicicletas eléctricas, ubicado en la Institución educativa del pueblo. Esto con el propósito de brindar un medio de transporte sostenible a los niños que están ubicados en los puntos más lejanos.

COLOMBIA INTELIGENTE

2.5. Identificar la infraestructura y tecnologías habilitantes

Para el caso de la comunidad energética Luz de Esperanza, a continuación, se determinan el esquema transaccional y arquitectura tecnológica necesarias para su funcionamiento:

Dimensiones	Elemento por capas
• Escuela: 2.000 kWh mes. • Hospital – Alcaldía: 4000 kWh mes. • Viviendas: 1.570 kWh mes (10 viviendas). • Punto de recarga bicicletas eléctricas - 20 bicicletas (10kWp). • Generación biomasa: 500 kW mes. • Generación térmica a partir de residuos para ser utilizada en cocción. Se asume consumo 3 m3/habitante y si se usa el 25% del total de RSU de la comunidad 5600 kg/mes, y que el 50% se destina a biogás, se produce: 350 m3/mes para la CE. • Central diésel de respaldo en caso de falla de suministro (30 kW). • Energía total consumida por la Comunidad: 250.000 kWh mes.	• Capa energía: Sistema fotovoltaico Escuela, Sistema fotovoltaico Hospital, 10 Sistemas fotovoltaicos individuales, estación de recarga de bicicletas, generador biomasa, generación térmica a partir de residuos. Escuela generadores eólicos, plantas Diesel, Biodigestores Biomasa, motores, bombas hidráulicas, sistemas de iluminación, entre otros). • Capa tecnología: Infraestructuras de medición avanzada (AMI) para viviendas, hospital, escuela y central biomasa, plataformas de gestión de información. • Capa agentes: Miembros de la comunidad, Gestor de información, DSO y entidades de regulación, vigilancia y control. • Capa gobernanza: elementos y acciones necesarios para conformar las configuraciones, esquemas y reglas bajo las cuales opera la CE. • Capa modelo de negocio: Intercambio de energía entre pares (P2P), venta de excedentes de energía a la red, compra de energía en caso de contingencia.



2.6. Valorar los riesgos

Dependiendo de las características del proyecto los riesgos varían en función de las actividades involucradas para la puesta en marcha de la comunidad energética Luz Esperanza. A continuación, se presentan las actividades generales a tener en cuenta (ver Tabla 9).

Tabla 9. Actividades para la puesta en marcha de una comunidad energética
Fuente: Elaboración propia

ítem	Actividad
A1	Conformación del grupo gestor
A2	Vinculación de nuevos miembros a la comunidad
A3	Identificación de las necesidades y recursos energéticos disponibles
A4	Selección del tipo de estructura legal y modelo de comunidad
A5	Selección del equipo administrador de la comunidad energética
A6	Selección de las actividades energéticas
A7	Determinación de presupuesto y acceso a recursos para la implementación de los proyectos energéticos
A8	Diseño del sistema de generación de energía
A9	Construcción y puesta en marcha del sistema de generación
A10	Selección los operadores de la red de distribución de energía
A11	Hacer seguimiento y evaluación de los procesos

En la Tabla *10* se muestra el análisis de riesgo para la comunidad Luz de Esperanza.

Tabla 10. Matriz de riesgo Luz de Esperanza
Fuente: Elaboración propia

	Riesgo/Actividad	Acciones de mitigación	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	Prom.
Financieros	Falta de recursos para iniciar la comunidad	Diversificación de fuentes de recursos	4	4	1	1	5	1	5	1	1	1	2	2,36
	Volatilidad de las variables macroeconómicas o de los precios de los insumos	Implementar nuevas medidas de control para la compra	3	3	1	1	4	1	3	1	1	1	4	2,09
	Quiebra o insolvencia de los contratistas	Adecuada selección de los contratistas	3	3	1	1	5	1	3	1	1	1	5	2,27
	Incremento en los costos relacionados con la financiación del proyecto (Costos estimados inferiores a los costos reales)	Adecuado análisis financiero previa ejecución. No perder de vista el mínimo detalle	3	3	1	1	4	1	3	1	1	1	4	2,09
	Fluctuación de precio de la energía	Intervenciones del mercado energético como firmas de contratos de valores fijos de energía	1	1	2	1	4	1	1	1	1	1	4	1,64
	Coberturas insuficientes de los seguros disponibles	Realizar un reconocimiento detallado de los riesgos a asegurar	2	2	1	1	5	1	1	1	1	1	5	1,91
Políticos/legales	Falta de instrumentos de fomento, mecanismos de incentivo y apoyo adecuados, claros y de fácil acceso o aplicación para las comunidades energéticas locales	Generar señales correctas, junto con los mecanismos de corrección a medida que las comunidades energéticas locales se vayan multiplicando	1	1	1	4	4	1	5	1	1	1	3	2,09
	Cambios del orden legislativo - normas, regulaciones, licencias o estándares, Impuestos, transferencias ambientales, etc.-	Implementar mecanismos adaptativos en diseño y puesta en marcha de la comunidad	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	3	1,55
	Demoras en la obtención de permisos, licencias u otras aprobaciones regulatorias para el proyecto	Conocer a profundidad los tiempos y procedimientos necesarios, contar con planes de contingencia	1	1	1	1	4	1	1	1	5	1	5	2,00
	Cancelación, vencimiento, pérdida de permisos y/o aprobaciones o garantías	Disponer de personal adicional para ejecutar obras antes del vencimiento de términos	1	1	1	1	4	1	1	1	5	1	5	2,00

COLOMBIA IN FRENTE

	Riesgo/Actividad	Acciones de mitigación	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	Prom.
	Contratista o subcontratista que no cumple con las regulaciones locales	Establecer el uso obligatorio de pólizas de cumplimiento contractual para los contratistas	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	4	NA	5	4,67
	Retrasos como consecuencia de cumplimiento de trámites aduaneros	Elaborar planes de contingencia para das continuidad a la obra por diferentes frentes de acción	NA	NA	NA	NA	5	NA	NA	NA	4	NA	5	4,67
Diseño, construcción y operación	Incumplimiento de los planes de gestión de calidad por parte de los contratistas	Establecer el uso obligatorio de pólizas de cumplimiento contractual para los contratistas	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	5	1,73
	Falta o fallas de supervisión por parte de la interventoría del proyecto	Plan de seguimiento y control a la interventoría por parte de la comunidad	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	5	1,73
	Defectos de diseño latentes que solo se detectan en la operación	Ejecutar las pólizas de garantías de equipos	1	1	1	1	1	5	1	5	1	1	5	2,09
	Deficiencias o fallas importantes de diseño que son detectadas durante el desarrollo del proyecto	Disponibilidad de personal especializado para plantear planes de contingencia	1	1	1	1	1	5	1	5	1	1	5	2,09
	Aparición de elementos de diseño que no fueron tenidos en cuenta en los costos	Disponer de reserva presupuestal para imprevistos	1	1	1	1	3	3	5	3	1	1	5	2,27
	Manejo inadecuado de la gestión de los activos.	Incluir un programa integral de gestión de activos	1	1	1	1	5	1	3	3	1	1	5	2,09
	Dificultades de acceso a la distribución a través de las redes existentes	Planear y proyectar flujos de energía a corto y mediano plazo	1	1	2	1	1	3	1	1	1	5	2	1,73
Sociales	Reubicación de una parte de los habitantes y su desplazamiento hacia otro lugar	Incluir criterios de flexibilidad y reservas energéticas en el diseño inicial	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	5	1,55
	Incapacidad para transformar consumidores pasivos (ciudadanos, empresas, entidades) en sujetos activos de la cadena de valor de abastecimiento energético	Diseño e implementación de planes de sensibilización y cultura energética	3	5	1	4	4	1	1	1	1	1	1	2,09
	La insuficiencia de personal para llevar a cabo actividades de importancia crítica y la indisponibilidad de mano de obra calificada y no calificada por la competencia con otros proyectos	Contratación de terceros expertos en áreas energéticas, ejecución de tareas en forma simultánea	1	1	1	1	1	1	4	2	4	1	3	1,82
	Falta de experiencia de los miembros para la administración de un proyecto de esta magnitud, especialmente en la toma de decisiones, la resolución de litigios, conflictos o disputas entre los contratistas o con ellos	Conformar un equipo de asesores externos en temas administrativos y financieros	1	3	3	5	5	4	4	1	1	1	5	3,00

COLOMBIA

	Riesgo/Actividad	Acciones de mitigación	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	Prom.
	Fallas en la gestión social que produzcan manifestaciones en su contra, resistencia o dificultades de aceptación por parte de la comunidad	Diseño e implementación de planes de sensibilización socio cultural	3	5	1	4	4	1	1	1	1	1	1	2,09
	No vinculación a la comunidad o desvinculación por falta de comprensión del proyecto y sus beneficios	• Garantizar la decisión colectiva y la transparencia para disminuir la resistencia. • La posibilidad de que los vecinos afectados tengan alguna participación (financiera) y se beneficien directamente de los proyectos energéticos	3	5	1	4	4	1	1	1	1	1	1	2,09
Ambientales	Agotamiento de recursos naturales	Promover las mejores prácticas de gestión y operación	1	1	5	1	1	4	4	1	1	1	1	1,91
	Cambio de hábitat de la fauna del lugar de influencia y alteración del paisaje	Promover las mejores prácticas de gestión y operación	1	1	3	1	1	3	5	3	1	1	1	1,91
	Contaminación del agua, el suelo y el aire por vertimientos, generación de GEI y residuos sólidos	• Promover las mejores prácticas de gestión de la energía y reforzar los beneficios con la aplicación de la gestión energética. • Favorecer la mejora de la gestión de la energía en conjunto con proyectos de reducción de los gases de efecto invernadero • Apoyar la evaluación y priorización de la implementación de nuevas tecnologías más eficientes en cuanto al uso de la energía	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	1	1,73
	Contaminación por ruido superior al permitido –por ejemplo, por voladuras con explosivos, operación de turbinas, motores	Diseño de instalaciones para mitigación de ruido (Cuartos de máquinas)	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	1	1,73
	Fuga o derrame de materiales peligrosos durante el transporte o en el sitio de construcción	Establecer capacitación a los usuarios para un uso responsable	1	1	3	1	1	3	3	3	1	1	1	1,73
	Fallas en los diseños de ingeniería con respecto al cumplimiento de los estándares ambientales requeridos	Rediseño y cambio en las condiciones de operación para adaptarse a la normatividad vigente	1	1	1	1	3	2	3	3	3	1	1	1,82

Los riesgos de mayor impacto son: i) Contratista o subcontratista que no cumple con las regulaciones locales, ii) Retrasos como consecuencia de cumplimiento de trámites aduaneros, iii) Falta de experiencia de los miembros para la administración de un proyecto de esta magnitud (en la toma de decisiones, la resolución de litigios, conflictos o disputas entre los contratistas o con ellos).

2.7. Definir mecanismo de financiación y sostenibilidad

La CE Luz de Esperanza se financia con las aportaciones de ciudadanos particulares (socios), y utiliza dichos fondos para invertir en proyectos de energía renovable, además pueden revisar para acceder a financiación a especial a través del FENOGE, INNPULSA, FINDETER, entre otros.

Para los proyectos de gestión eficiente de la energía, para los ciudadanos particulares, la cooperativa dispone de un servicio de facilitación de Gestión Eficiente de la Energía (GEE) (subvencionado), mientras que para los edificios públicos recurre a financiación por terceros o el modelo de Contrato de Rendimientos Energéticos. Adicionalmente a las participaciones de los miembros de la cooperativa, un 20% de los miembros aportan un monto adicional voluntario de 10 pesos/kWh generado que se destina a proyectos de la cooperativa. Algunos otros invierten además dinero a título privado en el proyecto con un interés de entre el 3% y el 4,5 % anual.

2.8. Diseñar la estrategia de comunicación

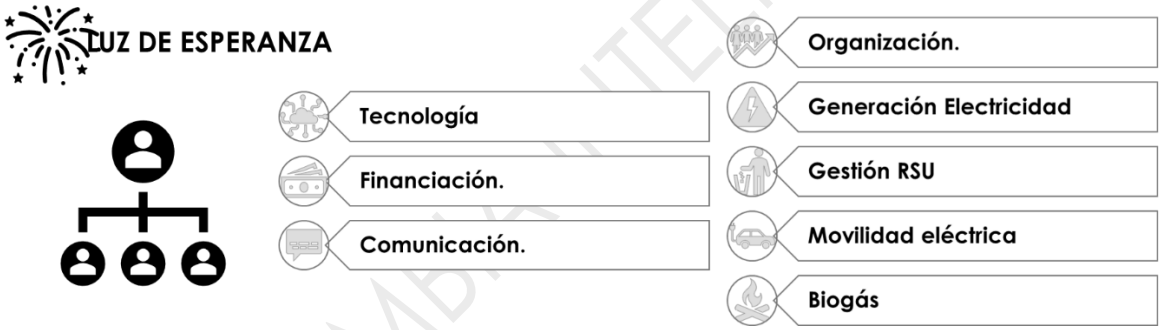
Para iniciar la comunidad energética **Luz de esperanza** se llevaron a cabo las siguientes estrategias de comunicación e información.

<table>
<tr>
<td rowspan="2">Generar lazos comunitarios</td>
<td>Mientras realizaban consultas para determinar el potencial de generación, enviaron invitaciones (¡Error! No se encuentra el origen de la r eferencia.) a todos los vecinos del sector a través de la entidad administrativa local, en el boletín de noticias para visitarlos en la institución y brindar información de primera mano, usando un módulo solar piloto, para mostrar el potencial de generación de energía eléctrica.</td>
<td>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
</td>
<td>Listas donde las personas interesadas podían registrarse. Tener conversaciones personales resultó ser la forma más eficaz de convencer a la gente para que participe. Después de un tiempo, la gente empezó a acercarse a ellos para preguntarles si podían participar. Así es como cada vez más personas se unieron al proyecto. Además, publicaron pequeños artículos en el boletín semanal del municipio, y también hicieron un folleto (Ver ¡Error! No se encuentra el origen de la r eferencia.), donde le hablaron a la comunidad sobre los beneficios y riesgos de la inversión, al igual que la creación de stands de información en eventos culturales locales. Lo más importante es que tuvieron muchas conversaciones y charlas informales con las personas para discutir el proyecto. La instalación del sistema de generación solar en la institución educativa, con fondos provenientes de la municipalidad y los miembros gestores, representó el primer proyecto que como comunidad tuvieron bajo su gestión y el que permitió sumar más miembros.</td>
</tr>
</table>

Fortalecer la comunidad energética

Una vez registrados los primeros **30 miembros** de la comunidad, con la administración local incluida, los gestores organizaron asambleas generales para todos los miembros en las cuales tomaron la decisión de constituirse como **cooperativa** y fijaron como cuota de participación e inscripción el valor mínimo de **$250.000** y como regla para la toma de decisiones el **voto democrático**, independiente del número de participaciones. De igual forma, en estas asambleas seleccionaron como proyectos a seguir, la instalación de paneles solares en el techo del hospital y de 5 casas de propiedad de los miembros. Todos estos con financiación proveniente de las participaciones iniciales y la municipalidad

7 grupos de trabajo (financiación, comunicación, tecnología, organización, Generación electricidad, Gestión residuos, movilidad, Biogás). En estos grupos de trabajo los miembros trabajaban de forma voluntaria y algunos trabajaban en varios grupos al mismo tiempo, y hay un coordinador generalmente uno de los investigadores de cada grupo que facilitó el trabajo del grupo y cada semana se reúnen para informar respecto de sus avances. Sólo el coordinador de cada grupo recibe una compensación económica por el trabajo con el fin de darle mayor impulso al desarrollo del mismo.



Una ventanilla única donde los interesados podría recibir la información importante de la comunidad energética como: asesoramiento jurídico y administrativo, realización de trámites como inscripción, realización de pagos e inversiones, solicitud de servicios energéticos, entre otros.

BORRADOR INTERNO

2.9. Evaluación e indicadores de desempeño

Para el caso de la CE Luz de Esperanza tienen aplicación los indicadores que se relacionan en la Tabla 11. Los valores se calculan a partir de las características específicas de la comunidad y de los valores que se esperan lograr.

Tabla 11. Indicadores de desempeño para CE Luz de Esperanza
Fuente: Elaboración propia

Tipo	Indicador	Fórmula
Energéticos	Proporción de Energía eléctrica autogenerada por la comunidad	$\%\text{GE} = \frac{7570\ kWh\ mes}{250.000\ kWh\ mes} x100\% = 3\%$
	Proporción energía térmica generada por fuente (cogeneración, residual, biodigestión, etc.)	$\%GT_i = \frac{Enegía\ térmica\ Generada\ fuente\ i}{Total\ demanda\ energía\ térmica\ (kW)} x100\% = 58\%$
	Reducción de energía por aplicación de mecanismos de eficiencia energética	$\Delta E\ (GEE)_i = 8\%$
	Proporción de energía que es vendida o comprada externamente a la CE	$\%\ Energía\ vendida\ o\ comprada = 5\%$
Ambientales	Reducción de emisiones por aplicación de sistemas de generación no convencionales	$\Delta\text{Emisión}_i = FE * (Consumo\ antes - Consumo\ despues) = 30\%$
	Reducción de residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario.	$\%\Delta\text{RS} = \frac{Residuos\ sólidos\ antes - Residuos\ sólidos\ despues}{Residuos\ antes} x100 = 25\%$
Sociales y de comunidad	Proporción habitantes de la zona que hacen parte de la CE	$\%\ Miembros = \frac{200}{1500} x100\% = 13.3\ \%$
	Proporción de prosumidores y consumidores de la CE	$\%UPC = \frac{50}{1500} x100\% = 3.33\%$
	Distribución de usuarios que han sido objeto de capacitación en torno a CE y se han vinculado.	$\%UC_i = 50\%$
	Ingresos/ Reducción por autogeneración de energía	$\Delta\$\ \text{DE} = 5\%$
	Usuarios capacitados	$\%UCRD_i = 80\%$

COLOMBIA INTELIGENTE

BIBLIOGRAFÍA

Blanco, G., Santalla, Es., Córdoba, V., & Levy, A. (2017). *Generación de electricidad a partir de biogás capturado de residuos sólidos urbanos: Un análisis teórico-práctico | Publications*. Retrieved from https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Generación-de-electricidad-a-partir-de-biogás-capturado-de-residuos-sólidos-urbanos-Un-análisis-teórico-práctico.pdf

Caicedo, E., Castillo, J., Morales, W., Echeverry, R., & García, J. D. (2017). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÖN DE PROYECTOS SMART GRIDS EN COLOMBIA* (U. del V. UPME, BID, EMCALI, EPSA, ed.). Cali, Colombia.

Caramizaru, A., & Uihlein, A. (2020). *Energy communities : an overview of energy and social innovation*. https://doi.org/10.2760/180576

CIGRE. (2021). *DOCUMENTO TÉCNICO REGULACIÓN , NORMATIVA Y NUEVOS MERCADOS EN MICRORREDES EN EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO*.

CIGRE Colombia. (2021). *REGULACIÓN, NORMATIVA Y NUEVOS MERCADOS EN MICRORREDES EN EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO*.

Coalition for Community Energy (C4CE). (n.d.). Retrieved from www.c4ce.net.au/nces

Colombia Inteligente. (2019). *Respuesta de la Demanda: Estrategia para la mitigación de gases de efecto invernadero*.

de la tierra, A., REScoop.esu, Energu Cities, & Friends of the earth Europe. (2020). *COMUNIDADES ENERGÉTICAS : Una guía práctica para impulsar la energía comunitaria*.

de Navarra, G. (2019). *Plan Energético Horizonte 2030 Anexo: Comunidades Energéticas*.

EDSO. (2017). *European Distribution System Operators for Smart Grids: EDSO position paper on local energy communities*. Retrieved from https://www.edsoforsmartgrids.eu/wp-content/uploads/170914-EDSO-position-paper-on-local-energy-communities_final.pdf

Energycities, Friends of the earth Europe, Greenpeace, & Rescoop.eu. (2018). *Unleashing the Power of Community Renewable Energy*. Retrieved from https://bit.ly/2GLYnov

European Comission. (n.d.). PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. Retrieved November 20, 2021, from https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR

GEODE. (2019). *Model of an Energy Community*. Brusseles.

Green Alliance. (2019). *Community energy 2.0: The future role of local energy ownership in the UK*. Retrieved from www.green-alliance.org.uk

Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Feng, Y. (2017). Planning community energy system in the industry 4.0 era: Achievements, challenges and a potential solution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *78*(June 2016), 710–721. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.004

PEN2030. (2019). *Guía rápida para constituir una Comunidad Energética (CE)*.

Sacri, J. (2020). Lo que de verdad quieres saber sobre comunidades energéticas. Retrieved September 20, 2021, from https://sapiensenergia.es/2020/05/05/que-es-una-comunidad-energetica-conceptos-basicos/

Tierra.org. (n.d.). *Comunidades energéticas: Una guía práctica pra impulsar la energía comunitaria*. Retrieved from https://www.tierra.org/comunidades-energeticas/

Tounquet, F., De Vos, L., Abada, I., Kielichowska, I., & Klessmann, C. (2019). Energy Communities in the European Union - Revised final report. In *ASSET Project*. Retrieved from https://asset-ec.eu/wp-content/uploads/2019/07/ASSET-Energy-Comminities-Revised-final-report.pdf

COLOMBIA INTELIGENTE

Colombia inteligente

Red colaborativa para habilitar y acelerar la transformación del sector eléctrico

Datos de contacto
Teléfono: +(574) 444 12 11 ext.190 - 171 - 117
Dirección: Carrera 46 # 56 – 11, Edf. Tecnoparque Piso 13
Medellín – Colombia
e-mail: difusión@colombiainteligente.org
Página Web: www.colombiainteligente.org
Twitter: @colombiaintelig

CONVENIO DE COOPERACION INTERNACIONAL GGC No. 632 de 2021 CELEBRADO ENTRE EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)

Alianza

Recomendaciones para el desarrollo de Comunidades Energéticas

Brechas y Acciones (Anexo 2)

Elaborado por:

JUAN MOLINA C.
SANDRA GIRALDO R.

Medellín
Diciembre, 2021

COLOMBIA INTELIGENTE

COLOMBIA INTELIGENTE

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una organización, entidad o empresa.

La veracidad de los datos recopilados y utilizados en el presente documento no es puesta en duda por parte de Colombia Inteligente, no haciéndose responsable por su exactitud ni su integridad. Los análisis, proyecciones y estimaciones que se presentan en este documento reflejan distintos supuestos definidos por el grupo de trabajo, los cuales podrán o no estar sujetos a discusión.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2021 ©

Colombia inteligente

Anexo 2
Proyecto - Puerto Carreño
Actividades 2021

Documento de trabajo
Diciembre de 2021

COLOMBIA INTELIGENTE

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una organización, entidad o empresa.

La veracidad de los datos recopilados y utilizados en el presente documento no es puesta en duda por parte de Colombia Inteligente, no haciéndose responsable por su exactitud ni su integridad. Los análisis, proyecciones y estimaciones que se presentan en este documento reflejan distintos supuestos definidos por el grupo de trabajo, los cuales podrán o no estar sujetos a discusión.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

PIGCC ME 2050
Alianza
Bioversity International
CIAT
Centro Internacional de Agricultura Tropical
Desde 1967 Ciencia para cultivar el cambio

Todos los derechos reservados 2021 ©

El documento se realizó bajo el marco del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético (PIGCC M-E) desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía con el apoyo del Centro de Investigación de Agricultura Tropical con el objetivo de reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial, fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la Industria.

Entidades vinculadas al Proyecto Puerto Carreño

Grupo de trabajo conjunto y colaborativo mediante el desarrollo de sesiones de trabajo que contó con la participación de representantes de las siguientes empresas y entidades:

- ELECTROVICACHADA.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.
- INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN Y PROMOCIÓN DE SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA ZONAS NO INTERCONECTADAS – IPSE.
- SUN COLOMBIA.

COLOMBIA INTELIGENTE

TABLA DE CONTENIDO

1. PROYECTO 7
1.1. Programas RD: Tarifa intradiaria 7
1.2. Caracterización población participante 9
2. ASPECTOS SOCIALES 11
2.1. Experiencias previas de trabajo con la comunidad 11
2.2. Actividades de socialización 12
2.3. Actividades de capacitación 19
2.4. Actividades de vinculación del usuario 22
3. APRENDIZAJES PROYECTO PUERTO CARREÑO 24
3.1. Lecciones aprendidas 24
3.2. Recomendaciones 24
BIBLIOGRAFÍA 26
ANEXOS 27
A1. Formatos entrega de medidor y desistimiento medidor prepago. 27
A2. Acta de asistencia a capacitaciones 29
A3. Herramienta didáctica usada en capacitación (Grafica horaria de consumo energía) 31
A4. Resultados caracterización consumo de usuarios 32
A5. Formato inscripción programa RD 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución usuarios energía eléctrica por tipo en Puerto Carreño, junio 2020. 9
Figura 2. Registro Primera feria de servicios. 13
Figura 3. Registro segunda feria de servicios 14
Figura 4. Registro tercera feria de servicios. 15
Figura 5. Registro cuarta feria de servicios. 16
Figura 6. Registro quinta feria de servicios. 16
Figura 7. Mensajes invitación capacitación gestión energía y medidores. 17
Figura 8. Registro pauta en emisora Ejercito Nacional. 18
Figura 9. Volantes entregados a usuarios. 18
Figura 10. Capacitación sobre gestión energética y otros 19
Figura 11. Grafica identificación perfil de consumo. 21
Figura 12. Resultado perfil de consumo usuarios Puerto Carreño. 21

ÍNDIDE DE TABLAS

Tabla 1. Atributos para el programa de tarifas intradiaria. 8
Tabla 2. Matriz RASCI de tarifas intradiaria. 9
Tabla 3. Distribución del consumo de electricidad en Puerto Carreño. 10

SOLO COLOMBIA INTELIGENTE

1. PROYECTO

El Ministerio de Minas y Energía expidió la resolución 4 0807 de 2018. En esta definió el Plan Integral de Gestión de Cambio Climático - PIGCC, que tiene como objetivo enfrentar de manera temprana los riesgos que se originan en el cambio climático para el sector minero energético a través de la reconversión tecnológica de equipos, procesos más eficientes energéticamente, transformación de las zonas no interconectadas, diversificación de la matriz energética, gestión de la demanda y gestión de las emisiones fugitivas del sector hidrocarburos.

Así mismo en el año 2018, el Ministerio de Minas y Energía llevó a cabo un estudio que tenía por objeto: "Realizar un estudio que permita definir lineamientos de política y regulación energética para incentivar mecanismos de respuesta de la demanda en el país, y el uso de infraestructuras de almacenamiento de energía." Este se llevaría a cabo teniendo en cuenta un análisis de experiencias internacionales en mecanismos de respuesta de la demanda y la integración de los sistemas de almacenamiento de energía eléctrico en el sistema eléctrico, de igual manera también se debía revisar los lineamientos existentes para identificar los ajustes regulatorios necesarios para promover la implementación, algunas de las recomendaciones del estudio con respecto a la ejecución en el país fueron:

- Despliegue de AMI.
- Reglamentación de la figura del agregador.
- Incluir la respuesta de la demanda en los planes de expansión.

Con base en las reglamentaciones anteriores es que la organización Colombia Inteligente junto con el Ministerio de Minas y Energía tienen como objetivo la masificación de los mecanismos de respuesta de la demanda, los cuales promueven el crecimiento económico y el bienestar en Colombia de forma sostenible y mayor eficiencia en la operación del sistema, que derivan directamente en ahorros e incentivos para los usuarios y la mitigación de emisiones de GEI. En este contexto, y como precedente a la consolidación de mecanismos que permitan la mitigación de GEI, y específicamente la implementación de programas de respuesta de la demanda, desde el año 2017, la iniciativa Colombia Inteligente, con el soporte de la oficina de asuntos Sociales y Ambientales del MME y el Centro de Investigación en Agricultura Tropical (CIAT, ha realizado en estudios previos, las siguientes actividades:

1. Referenciamiento RD (2017).
2. Análisis del Potencial de demanda activa para la mitigación de GEI (2018).
3. Diseño de programas RD (2019).
4. Acciones de los programas de RD, Tarifa intradiaria y Demanda en el Mercado (2020).
5. Diseño de pilotos programas RD (2020).

También teniendo en cuenta lo estipulado en Decreto MME 2492 de 2014, en el cual se dictan los lineamientos para la implementación de la gestión de la demanda, se hace necesario que los usuarios sean parte activa en el consumo de la electricidad, y además que este se haga de la manera más amigable posible con el medio ambiente, emitiendo la menor cantidad de GEI que sea posible. A partir de todos estos antecedentes, el presente documento pretende presentar la información relacionada con la caracterización de los programas RD que podrían implementarse en la ZNI e identificar y describir los aspectos sociales a tener en cuenta señalando las lecciones aprendidas y con estos, realizar las recomendaciones relevantes para expandir estos proyectos a otras regiones.

1.1. Programas RD: Tarifa intradiaria

El programa RD más afín sería el de Tarifa Intradiaria. Este programa RD se soporta en la señal de precios habilitando el diseño de portafolio de tarifas durante el día sin mayores requerimientos tecnológicos y requisitos necesarios para su buen funcionamiento. En general, tiene como objetivo utilizar franjas del día

COLOMBIA INTELIGENTE

con tarifas más bajas para incentivar el desplazamiento del consumo de horas y franjas con tarifas más altas para reducir consumo en dicho periodo.

A su vez, se resalta que para lograr una mayor participación y la apropiación de los beneficios individuales de cada usuario se requiere implementar la medición avanzada para acceder a información que le permita materializar los beneficios de las tarifas diferenciadas (se propone un esquema de máximo tres niveles de tarifas que deberán identificarse en función del comportamiento de la curva de carga de cada mercado de comercialización). Este es un programa ágil de implementar debido a que no tiene muchos requisitos para su adecuado funcionamiento. El primer requisito es el conocimiento de las tarifas horarias por periodo de energía, dado que la participación del usuario dependerá de la diferencia de tarifas. A su vez, se presenta la necesidad de medición de los consumos en los periodos en que se establecen las tarifas diferenciadas. En la Tabla 1, se muestran los diferentes atributos para este programa.

Tabla 1. Atributos para el programa de tarifas intradiaria.
Fuente: (Colombia Inteligente, 2021)

Atributo	Aplicación Programa Tarifa intradiaria
Objetivos del programa	• Trasladar señales eficientes del costo de del servicio de energía eléctrica al usuario. • Desplazar patrones de consumo a horas del día con menor costosa la operación. • Mitigar emisiones de gases de efecto invernadero. • Suavizar el pico de la demanda. • Gestionar restricciones de la red.
Incentivos del programa	Tarifas diferenciadas por franjas de consumo.
Diseño de tarifas	• Definir tarifa horaria por defecto (Costo Unitario -CU-) del kWh. • El programa define el delta entre franjas ($), número de franjas y su duración.
Mercado objetivo	Residencial (alta aplicabilidad), Comercial, Industrial (procesos flexibles) u Oficial.
Prerrequisitos participación	Medidor de energía que registre los consumos en el periodo que corresponda al diseño de las tarifas.
Tiempo del programa	El tiempo no está asociado a alguna condición estacional o del año.
Restricciones de los eventos	Las restricciones las pone el usuario, según el nivel de comodidad en el hogar o actividad que esté dispuesto a modificar.
Duración del evento	El usuario decide la duración del consumo. La duración está acotada al periodo de tiempo de cada franja (máximo tres franjas). En general, una franja para el pico de la demanda, una franja para consumos promedios y una franja para consumos bajos (nocturnos-madrugada).
Notificación - Arquitectura	Reporte de los precios y franjas para el uso del programa (realizar proceso de inscripción y periodo de prueba por parte del usuario).
Comportamiento esperado	Los usuarios al conocer las tarifas intradiarias del programa, disminuirán o trasladarán sus consumos a las horas que les brinde un mayor beneficio.
Disponibilidad	No se requiere reportar disponibilidad.
Recurso	Climatización/ Cocción / Enfriamiento / Iluminación-otros / Vehículos eléctricos /Almacenamiento
Periodo	• 3 periodos (pico, intermedio, valle). • En ciertos casos el periodo intermedio se puede eliminar (tipo de mercado de comercialización).
Activación del funcionamiento programa	Se activa con la expedición de resolución o concepto CREG que habilite el diseño de tarifas por franjas y la instalación de medidor para todos los usuarios. Particularmente al mercado regulado dado que para los usuarios no regulados solo se requeriría fomentar el ofrecimiento del esquema RD.
Línea base	No se requiere línea base para las franjas tarifarias y acceder a los beneficios.
Monitoreo y verificación	No se requiere monitoreo y verificación para las franjas tarifarias y para acceder a los beneficios. Se realiza monitoreo para el seguimiento y evaluación del aporte del programa RD al sistema.
Requerimiento tecnológico	• Medidor avanzado (registro de datos) y app de información para acceder a los datos. • No es indispensable automatizar equipos para hacer el cambio de comportamiento del consumo (acciones manuales). • Medición avanzada individual permite que el usuario que realiza la RD reciba directamente los beneficios y se evita la apropiación por parte de terceros.

COLOMBIA INTELIGENTE

Para la ejecución del Proyecto en Puerto Carreño, se definieron previamente para un Proyecto en ZNI las actividades y os actores responsables de cada una, las cuales se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Matriz RASCI de tarifas intradiaria.
Fuente: elaboración propia

Actividad	Responsable	Aprobador	Soporte	Consultado	Informado
Asignación del Valor de la franja	Electrovichada	Usuario Proyecto CREG(*)	IPSE MINENERGIA	Ministerio de minas y energía, CREG	Usuarios Proyecto CREG(*)
Reglas de asignación y acceso	Electrovichada, IPSE	Electrovichada, IPSE MINENERGÍA	Supervisor	CREG,	Usuarios Proyecto
Estrategia de divulgación del valor del incentivo	Electrovichada, IPSE	Encargado del programa RD CREG (*)	Electrovichada,	SSPD, SIC	Usuarios Proyecto
Uso del programa RD	Población elegida para el Proyecto	Electrovichada, IPSE	Electrovichada,	Electrovichada,	Electrovichada, IPSE
Liquidación del incentivo	Electrovichada, IPSE	Electrovichada, IPSE	Electrovichada,	Electrovichada,	Usuarios Proyecto
Evaluación y reporte del uso del incentivo	Electrovichada, IPSE	Electrovichada, IPSE	Electrovichada,	Electrovichada, IPSE	Electrovichada, IPSE

1.2. Caracterización población participante

En esta sección se presenta las características de la población objeto de estudio en Puerto Carreño, tales como número de usuarios por estrato y distribución del consumo de energía.

1.2.1. Población objetivo

Para determinar el tipo de usuarios con mayor potencial de implementación, se presenta la distribución por tipo de usuario en el municipio de Puerto Carreño, los resultados se muestran en la Figura 1.

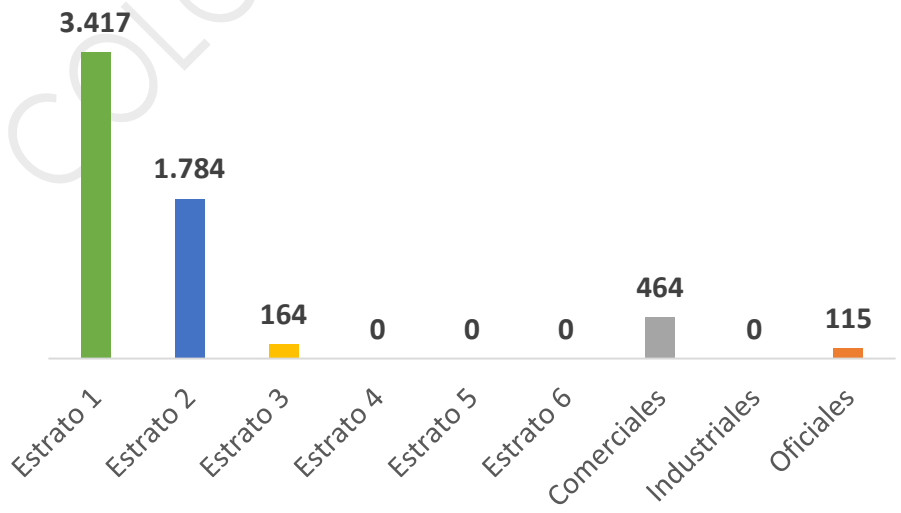


Figura 1. Distribución usuarios energía eléctrica por tipo en Puerto Carreño, 2021.
Fuente: Elaboración propia datos SUI

COLOMBIA INTELIGENTE

De acuerdo con la Figura 1, la mayor cantidad de usuarios se encuentra en el sector residencial, en los estratos 1 y 2, totalizando el 88,4%, para los demás sectores, 7,1%, 2,8% y 1,7% para sector comercial, estrato 3 y sector oficial respectivamente. También se determinó la distribución del y el consumo de energía para cada tipo de usuario y los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Distribución del consumo de electricidad en Puerto Carreño.
Fuente: Elaboración propia (datos SUI 2021)

Tipo de usuario	Consumo energía (%)
Estrato 1	33,2%
Estrato 2	22,0%
Estrato 3	2,54
Sector comercial	15,1%
Sector oficial	27,3%

De esta tabla se puede apreciar que el mayor consumo de energía se concentra en el sector residencial de estrato 1 y el sector oficial con una población de usuarios que representan aproximadamente el 60% del total de la demanda del municipio.

1.2.2. Población inscrita

La población con potencial de participar en el programa corresponde con los usuarios que cuentan con un medidor inteligente instalado. En este sentido, desde septiembre se inició el proyecto de instalación de los medidores prepago en el municipio de Puerto Carreño. El proyecto liderado por IPSE-GENSA-Sun Colombia, tiene como meta al 30 de noviembre, la instalación de 905 unidades, a la fecha del presente informe se ha reportado la instalación de 867 medidores instalados y 38 en proceso en más de 30 sectores.

COLOMBIA INTELIGENTE

2. ASPECTOS SOCIALES

En la implementación de programas de RD, y en general en toda la gestión de la energía desde el lado de la demanda, el usuario juega un papel fundamental. El reporte de datos al usuario es fundamental para el empoderamiento de este; la información detallada de consumos es una de las bases para fomentar la cultura energética y obtener respuestas del usuario de tal manera que:

- Entienda y cuantifique el beneficio asociado al uso de tarifas diferenciadas de energía.
- Incorpore la visualización y consulta dentro de sus hábitos diarios relacionados con el consumo de energía.
- Conozca los impactos energéticos, ambientales y potencial de ahorro en la factura.
- Conozca y adopte el uso de buenas prácticas asociadas al uso final de la energía.

En este sentido, se debe empoderar a los usuarios de Puerto Carreño como uno de los actores más importantes dentro del proceso de implementación del programa de Tarifa intradiaria. Para conseguirlo, es necesario identificar y aplicar algunas estrategias de comunicación para divulgar las características del programa y sus principios de funcionamiento. Estas estrategias deben ser definidas para aplicar antes, durante y después de la puesta en marcha del programa. Antes de dar inicio al programa, para atraer a los usuarios y proporcionar las herramientas de gestión energética, los beneficios e incentivos y los mecanismos de participación del programa. Durante la marcha del programa, para mantener informado y motivado al usuario en la participación continua, la manera como puede cada usuario, potenciar la recepción de los incentivos por la reducción y/o desplazamiento de sus consumos y los mecanismos para recibir los beneficios por la participación. Por último, al finalizar el programa, la transferencia de los resultados de participación.

A continuación, se presenta la información relacionada con el trabajo llevado a cabo en el Proyecto en Puerto Carreño, desde la perspectiva social. Inicialmente se presenta información de experiencias de trabajo con la comunidad previas al Proyecto, y luego los resultados del trabajo directo con los usuarios involucrados o potenciales para la realización del Proyecto.

2.1. Experiencias previas de trabajo con la comunidad

Este apartado muestra como antecedente, algunas experiencias sociales en el desarrollo de proyectos donde comunidades de Vichada y en particular de Puerto Carreño han estado involucradas. Esto de tal manera que se pueda determinar la respuesta de la comunidad frente a iniciativas que propendan por beneficios socioeconómicos o ambientales para ellas. Para el caso de Puerto Carreño, se tienen referenciados proyectos financiados por el fondo FAZNI[1].

En octubre de 2018, En el marco del proyecto Sistemas Integrados de Salud para América Latina y El Caribe, líderes de salud de comunidades de zona rural y periurbana afectadas por la emergencia invernal -sucedida en el departamento de Vichada entre junio y agosto de este año- se capacitaron como gestores comunitarios del riesgo en salud para la vigilancia epidemiológica de base comunitaria en los municipios de Puerto Carreño y Cumaribo. Para su implementación el departamento conto con la sala situacional virtual de salud, que permitió a los gestores comunitarios mantener comunicación permanente, a través de internet o en las salas de Vive Digital ubicadas en las zonas rurales, teléfonos celulares con mensaje de texto o de WhatsApp, y operadores de radio[2].

[1] http://www.ipse.gov.co/proyectos/fazni-estado/catalog?option=com_joodb&view=catalog&format=html&reset=false&ordering=DESC&orderby=Departamento&Itemid=500&task=&search=Puerto+carre%C3%B1o&searchfield=Municipio&limit=25
[2] https://www.paho.org/es/colombia

COPIA NO CONTROLADA

En octubre de 2019, bajo la iniciativa de la Fundación Orinoquía con la alianza estratégica de la Fundación norteamericana GivePower, en asocio con empresas privadas, fue puesto en marcha un proyecto para un cultivo acuapónico, una propuesta sostenible que beneficiaría a más de 70 familias indígenas de las etnias Amorua y Sikuani radicadas en la comunidad de Guáripa, proveyendo medios para garantizar la seguridad alimentaria de los habitantes del Resguardo indígena y visibilizar las potencialidades turísticas de la región en el desarrollo del turismo comunitario[3].

En general, se desarrollan programas con indígenas en temas relacionados con sustitución de tierra y atención a población vulnerable. Para acceder a los cabildos es necesario establecer comunicación con el cabildo, la que se da por intermedio con la alcaldía de Puerto Carreño o a través de los lideres de las comunidades respectivas.

Proyecto de electricidad rural, en la Canalitojo a 1 h de Puerto Carreño, donde conviven tres etnias indígenas, Icuano, Saviban y Amuroa, cuyos perfiles sociales son diferentes entre ellas. El primero es la etnia más fuerte en cambio las otras dos son pasivas. Tienen baterías de carros para alimentar principalmente iluminación. En otras zonas como Cumaribo, donde las comunidades tienen mayor poder adquisitivo algunas familias tienen sistemas de solares unifamiliares para proveer la energía que requieren. También se desarrolló un proyecto de implementación de un sistema solar para potenciar el proceso de transformación de la yuca en dos de sus derivados de amplio uso en la comunidad (mañoco y Casabe)[4].

En cuanto a la experiencia desde el punto de vista social, se evidencia que el mayor reto con comunidades indígenas es de tipo cultural, muchos de ellos carecen de educación mínima y son analfabetas, prefieren pedir, aunque algunos pocos cuentan con sistemas productivos. Consideran que es el estado quien debe proveer todo para su desarrollo, por lo que estos proyectos deben hacer uso de herramientas que involucren a los indígenas para conseguir apropiamiento de este.

2.2. Actividades de socialización

En el marco del proyecto de respuesta de la demanda, las actividades que involucran a la comunidad se cuentan la instalación de los medidores con registro horario en la modalidad prepago, como tecnología habilitadora indispensable para la puesta en marcha del Proyecto en Puerto Carreño, la capacitación sobre gestión energética y la capacitación, caracterización, vinculación y seguimiento a los usuarios en el diseño, preinstalación, instalación, ejecución y evaluación del programa RD. A la fecha, se han realizado actividades con la comunidad: i) en la etapa de diseño y preinstalación, las actividades están dirigidas a motivar a los usuarios de Puerto Carreño a instalar medidores prepago, recibir conocimiento alrededor de los beneficios de la gestión eficiente de la energía para controlar la factura, la importancia de la mujer en la gestión de recursos en el hogar, y los beneficios de participar en el programa RD.

Para el proceso de instalación se ha realizado diferentes actividades para convocar a los usuarios como las listadas a continuación:

- Presencia de Electrovichada y SunColombia en 5 ferias de servicios que ha realizado la alcaldía en diferentes fechas.
- Perifoneo continuo en la localidad informando sobre los beneficios de los medidores y los mecanismos para acceder a ellos.
- Entrega de volantes y publicaciones en redes sociales como Facebook tanto de Electrovichada como de la alcaldía.
- Realización de capacitaciones en temáticas sobre los beneficios de la medición prepago.

[3] https://elmorichal.com/2019/10/25/cultivo-acuaponico-una-apuesta-sostenible-en-puerto-carreno/

[4] Proyecto Canalitojo (CIDET, 2021)

COLOMBIA INTELIGENTE

Como resultado de esa convocatoria, a la fecha se han instalado un total de 867 medidores, se han capacitado 400 usuarios y se han hecho efectivos 78 desistimientos. A continuación, se presenta la descripción de las actividades realizadas.

2.2.1. Feria de servicios

Con el fin de promover la instalación de los medidores prepago e involucrar a la población en la gestión de su sinergia para controlar su consumo y obtener información para hacerlo de forma eficiente y obtener beneficios, SUNColombia y Electrovichada se hicieron presente en la feria de servicios realizada por la alcaldía en el municipio de Puerto Carreño en diferentes fechas. En esos espacios se realizado la socialización del proyecto de instalación de los medidores prepago con lo que se busco que cada vez mas usuarios accedieran a la instalación de estos equipos. A continuación, se muestran fotografías de las ferias realizadas.

Figura 2. Registro Primera feria de servicios.
Fuente: Tomado de Facebook alcaldía Puerto Carreño y Electrovichada

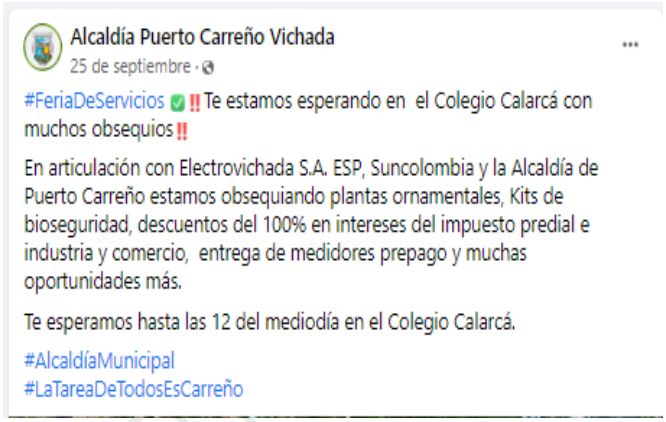


Figura 3. Registro segunda feria de servicios
. Fuente: Tomado de Facebook alcaldía Puerto Carreño y Electrovichada

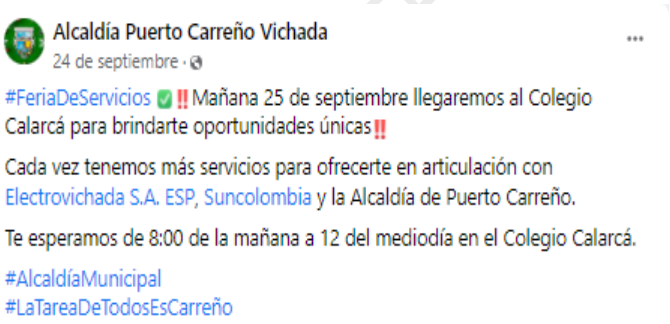


Figura 4. Registro tercera feria de servicios.
Fuente: Tomado de Facebook alcaldía Puerto Carreño y Electrovichada

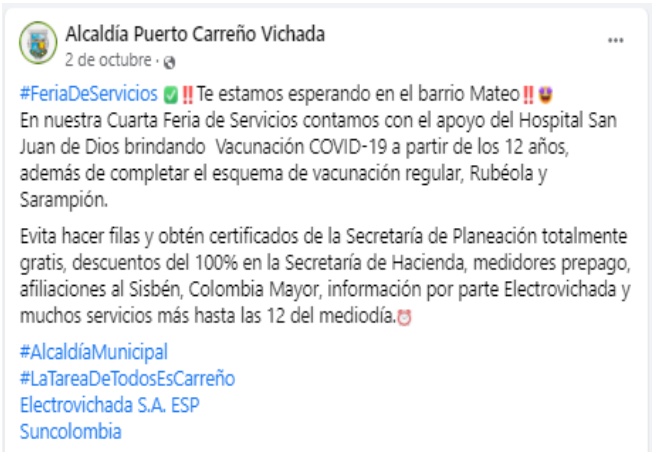


Figura 5. Registro cuarta feria de servicios.
Fuente: Tomado de Facebook alcaldía Puerto Carreño y Electrovichada

Figura 6. Registro quinta feria de servicios.
Fuente: Tomado de Facebook alcaldía Puerto Carreño y Electrovichada

2.2.2. Mensajes a los usuarios

Para llegar a los usuarios y que estos decidan cambiar su medidor tradicional pro uno prepago que le permite un mejor control de sus consumos de energía eléctrica, se hizo uso de diferentes mecanismos de comunicación: redes sociales, perifoneo, volanteo, mensajes en iglesia, emisora ejército.

- **Publicación en redes sociales.** Información sobre instalación y convocatoria a capacitación de medidores y programa RD en redes sociales tipo Facebook, tanto de la alcaldía de Puerto Carreño como de Electrovichada[5][6].

Figura 7. Mensajes invitación capacitación gestión energía y medidores.
Fuente: Tomado de Facebook alcaldía Puerto Carreño y Electrovichada

[5] https://www.facebook.com/AlcaldiaPuertoCarreno/
[6] https://fb.watch/9anbsbQxST/

- **Pautas de radio.** A través de la emisora del Ejercito Nacional se entregaron anuncios a la comunidad invitándolos a participar en diferentes eventos como la feria de servicios y en las sesiones de capacitación relacionadas a los medidores y programa RD.

Figura 8. Registro pauta en emisora Ejercito Nacional.
Fuente: Elaboración propia

- **Volantes y perifoneo.** Se han distribuido volantes y se han impartido mensajes a través de perifoneo, en todo el municipio.

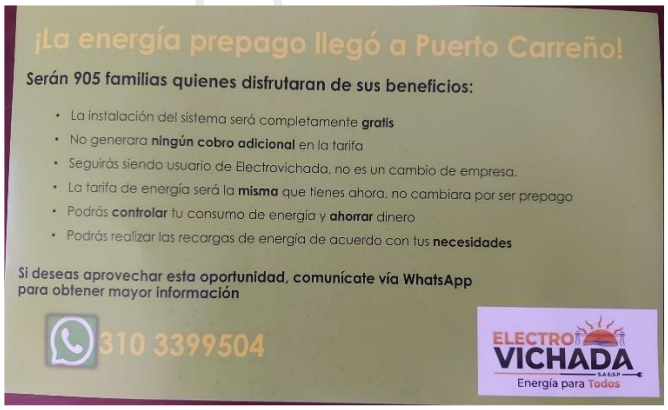


Figura 9. Volantes entregados a usuarios.
Fuente: Elaboración propia

COLOMBIA INTE

2.3. Actividades de capacitación

Sun Colombia viene realizando actividades de capacitación sobre uso del medidor prepago y así mismo funcionarios de MINENERGÍA y Electrovichada se han sumado a este proceso para informar a los usuarios con potencial de participación del Proyecto. En general, se han realizado capacitaciones en sesiones grupales como individuales (puerta a puerta) en temas relacionados con el manejo y operación de los medidores prepago instalados en las viviendas y temas relacionados con gestión energética para potenciar el uso de los medidores. A continuación, se presenta la información relacionada con los dos tipos de capacitaciones.

2.3.1. Capacitación sobre operación del Medidor prepago y gestión energía

En el marco de la instalación del medidor prepago, la entidad SunColombia y Electrovichada realizaron desde septiembre hasta el 30 de noviembre del presente año, actividades de capacitación en campo con los usuarios que recibieron el medidor, y en forma grupal, capacitación para apropiación conocimiento en temas de liderazgo femenino, gestión eficiente de la energía y comunidad energética.

- **Apropiación de conocimiento**

La entidad SunColombia adelantó diferentes sesiones de capacitación con los usuarios beneficiados con la instalación de medidores prepago. Para ello diseño tres cartillas con temáticas relacionadas con Liderazgo femenino, gestión energía y comunidades energéticas, las cuales fueron entregadas a todos los usuarios participantes (alrededor de 400 usuarios) de las sesiones de capacitación, de igual forma se usaron encuestas para determinar la percepción del usuario respecto de la energía eléctrica. A continuación, se presenta la evidencia fotográfica de la realización de esas capacitaciones (ver Figura 10y Figura 11).

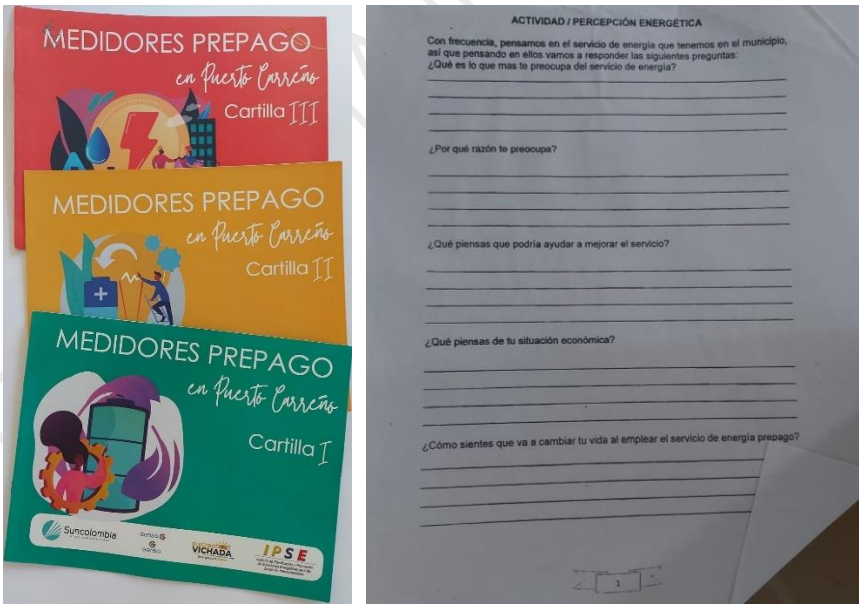


Figura 10. Portada cartillas y actividades sobre gestión energética y otros.
Fuente: Elaboración propia

Estas cartillas incluían temáticas sobre el papel de la mujer en la gestión de la energía en los hogares, herramientas de manejo eficiente de la energía, el poder del usuario en la gestión adecuada de la energía y definición de una comunidad energética, como se muestra en la Figura 11.

Figura 11. Alcance temáticas de capacitación.
Fuente: Elaboración propia

2.3.2. Programa RD

En el marco del inicio del Proyecto, en la fase de preinstalación, se realizaron tres sesiones grupales de capacitación (26, 27 y 29 de octubre) y algunas intervenciones puerta a puerta sobre temáticas relacionadas con el programa RD Tarifa intradiaria y los beneficios a los que puede acceder un usuario si hace parte del Proyecto. Esta capacitación se realiza para hacer acercamientos a los usuarios sobre la opción de recibir beneficios adicionales al tener un medidor prepago instalado. En estas tres sesiones participaron alrededor de 35 personas.

En general, se entregó información general relacionada con la gestión eficiente de la energía a través del conocimiento del perfil de consumo de energía, como entender un programa de respuesta de la demanda a partir del conocimiento de este perfil y los beneficios que se pueden recibir por participación en el programa y finalmente, los requerimientos para inscribirse y participar:

- **Identificación de consumos horarios de energía eléctrica**. Para facilitar al usuario la comprensión de sus consumos horarios se diseñó una estrategia didáctica gráfica, como se muestra en la Figura 12.

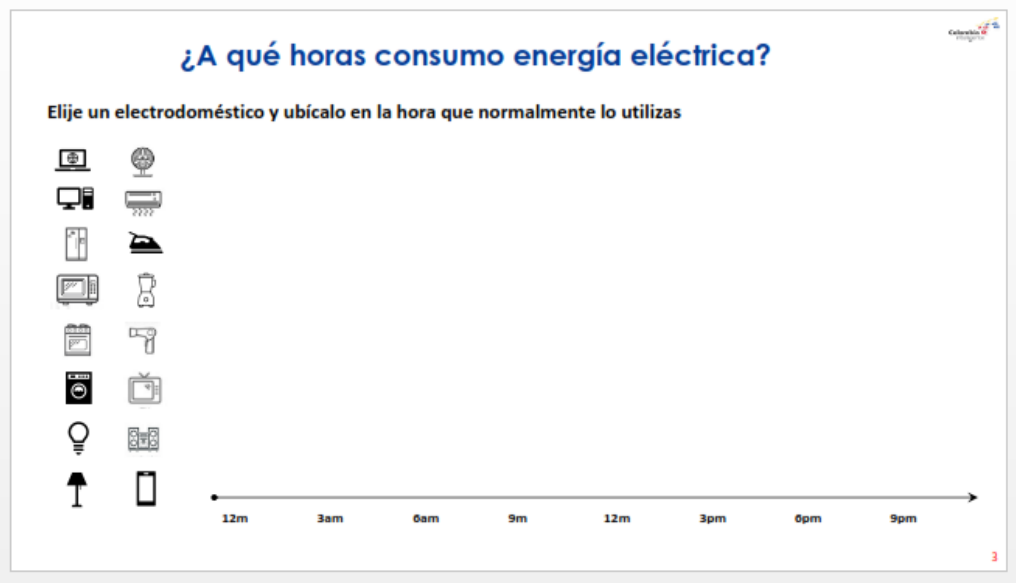


Figura 12. Grafica identificación perfil de consumo.
Fuente: Elaboración propia

Se solicito al usuario que identificara del lado izquierdo, los elementos de consumo de electricidad que disponían en su vivienda, y los ubicara en la línea horaria, según fuera el elemento que estuviera en uso para tener una idea de cuál era la franja horaria donde tenían los mayores consumos de energía. Algunos de los resultados de los usuarios se muestran en la Figura 13.

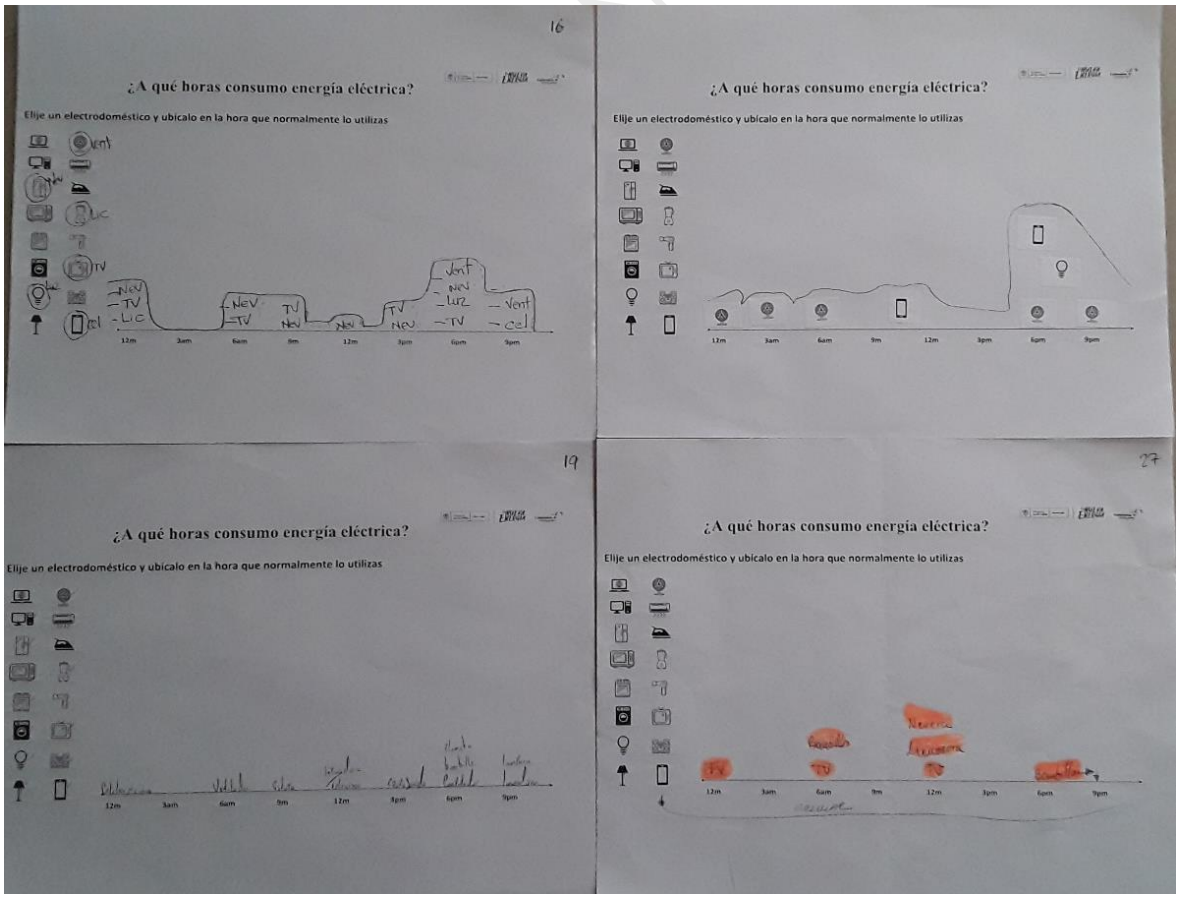


Figura 13. Resultado perfil de consumo usuarios Puerto Carreño.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con las respuestas de los usuarios participantes, el consumo de electricidad en los hogares se debe principalmente a iluminación, refrigeración, acondicionamiento de espacios y la carga de celulares. Y como se muestra en la siguiente figura, la hora de mayor consumo es entre las 6 y las 9 de la noche.

- **Definición programa RD y participación**. Una vez identificado la franja horaria con mayor consumo, se explicó de forma simple el concepto de programa RD y el papel que el usuario tienen en el desarrollo de este, los beneficios de participación y como participar en él (ver Figura 14).

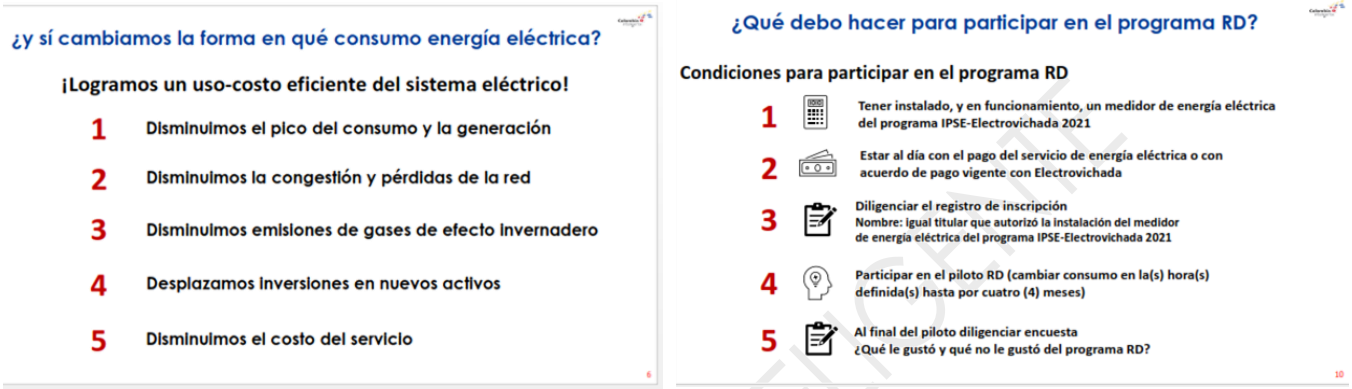


Figura 14. Beneficios y criterios para participar en el programa RD.
Fuente: Elaboración propia

En esta línea de información, se entregaron tips de consumo eficiente de la energía de tal manera que los usuarios con pequeños cambios y conciencia de como consume la energía, puedan contribuir no solo a reducir el costo de la factura si no también al mejor funcionamiento del sistema eléctrico. Además de mostrarle como puede acceder a mayores beneficios si participa en el programa RD y como podría hacerlo.

2.4. Actividades de vinculación del usuario

En esta actividad se puede hablar de dos tipos de vinculación: i) la de los usuarios que tienen rol de consumidores de la energía y ii) la de los aliados comerciales donde los consumidores, harían la redención de los beneficios obtenidos en la modalidad de puntos.

2.4.1. Vinculación de aliados comerciales

Con el fin de materializar los beneficios que tendrían los usuarios al participar en el programa RD, es necesario determinar los aliados comerciales donde será posible la redención de los puntos obtenidos como incentivos de participación. Habiendo realizado una validación de los establecimientos comerciales con potencial para participar como aliados comerciales, se seleccionaron entre todos a los establecimientos del tipo restaurantes o comida rápidas y supermercados, por facilidad para el acceso y por preferencias de los usuarios.

Una vez decidido el tipo de establecimientos, se hizo la invitación a varios de estos establecimientos, y finalmente, cuatro establecimientos se unieron efectivamente como aliados:

- Establecimiento de comida rápida Antojos.
- Helados.
- Supermercado La manga.
- Bar y Restaurante Cayenas.

COLOMBIA INTEGRATE

2.4.2. Vinculación de usuarios consumidores

Esta etapa oficialmente, aun no se ha iniciado. En el marco de instalación de los medidores, se realizó un acercamiento a los usuarios con potencial de participar del programa RD del Proyecto y se desarrolló una jornada de socialización del Proyecto donde se informó acerca de las características y beneficios de la participación en el programa, las cuales se mostraron en detalle en la sesión 2.3.

COLOMBIA INTELIGENTE

3. APRENDIZAJES PROYECTO PUERTO CARREÑO

Durante la ejecución del Proyecto y las etapas previas que involucraron el llamado a la población a vincularse al proyecto, primero con la instalación de los medidores prepago y luego con la inscripción al Proyecto, se evidenciaron una serie de situaciones. A continuación, se señalan recomendaciones y lecciones aprendidas del proceso llevado a cabo hasta el reporte de este informe de avance.

3.1. Lecciones aprendidas

Del trabajo llevado a cabo en Puerto Carreño, en el marco del proyecto de RD, del trabajo realizado con la comunidad, se tienen algunas lecciones aprendidas, las cuales se presentan a continuación:

- La comunicación es una de las actividades más importantes para llevar a cabo cualquier acercamiento con las personas. Particularmente cuando las temáticas a abordar tienen que ver con el manejo de tecnología con el que no se está familiarizado y con el acceso a beneficios de diversa índole por hacer cambios en los hábitos de consumo
- No se puede suponer que en la actualidad todos tienen acceso a redes sociales. Es necesario agotar los mecanismos y estrategias para informar a la comunidad, para garantizar que la información llegue oportunamente y al mayor número de personas.
- En el caso particular de puerto Carreño, actividades de perifoneo, mensajes por redes sociales, distribución de volantes, pautas de radio en la emisora de las fuerzas militares, rifas y alimentación, etc, no fueron suficientes para atraer más usuarios a los procesos de capacitación.
- En el proceso de instalación de los medidores, se identificaron que en algunas viviendas era necesaria la legalización y seguridad de los puntos de conexión. Se encontraron casos, donde varias viviendas se hallaban conectadas a un mismo contador.
- Las condiciones climáticas son un factor que retrasa la realización de actividades que implique el desplazamiento de los usuarios al lugar de capacitación.
- Dada las características sociodemográficas, pueden presentarse retrasos para la apropiación de la información de forma extensiva. Por ejemplo, usuarios de la tercera edad, tuvieron dificultades para uso del dispositivo asociado al medidor y no entendían las señales auditivas recibidas y la información recibida podría ser confusa.
- Tener presente las condiciones socioculturales de la población cuando se programan sesiones grupales de capacitación. Es más efectivo el proceso si se realiza un proceso híbrido que considere actividades masivas y personalizadas en los momentos de interacción con los usuarios durante el proceso de instalación para transmitir los mensajes fundamentales del proyecto e incluso para recolectar información en sitio.

3.2. Recomendaciones

A partir de las lecciones aprendidas enunciadas previamente, y en relación con las fases del Proyecto en puerto Carreño, a continuación, se presentan algunas recomendaciones definidas principalmente para las primeras fases de preinstalación, instalación y ejecución, en las cuales se han llevado a cabo o se encuentran en proceso algunas actividades definidas para ellas:

Preinstalación e Instalación

- Los procesos de capacitación masiva tienen la ventaja que se puede llegar a más población en menor tiempo. Sin embargo, se deben considerar las características culturales que hace necesario diseñar una estrategia híbrida. Considerar para la etapa de implementar el programa la posibilidad de agrupar los usuarios que tienen medidores instalados por sectores, e incluso hacer capacitación del programa puerta a puerta.
- Considere diferentes estrategias de comunicación a través de diferentes canales en función del tipo de grupos objetivo y los intereses especiales.

COLOMBIA INTELIGENTE

- Es necesario caracterizar la población y diferenciar la manera como se llega a ellos para que no sea conflictivo la interacción con la nueva tecnología y en particular, la asimilación de los conceptos relativos a la gestión de energía y procedimientos relacionados.
- Durante la capacitación de manejo del medidor se puede agregar tips de consumo consciente de energía para empoderar al usuario.
- En la entrega de la información ser más explícitos del beneficio que tendría el usuario con el programa para mitigar sobre expectativas. Mucho énfasis en ello, para vincularlos y que permanezcan. Dar estrategias de cambio de hábitos de consumo para potenciar la respuesta acertada en el comportamiento durante el programa.
- Información clara a los usuarios sobre cómo opera las mediciones de consumo antes y después del programa. Como el proceso de cálculo, para que no haya lugar a suposiciones y dudas en la liquidación de los incentivos.
- Elaborar materiales de educación y divulgación para los usuarios, con lenguaje claro y diferenciado.

Ejecución

- Mantener comunicación con el usuario sobre su desempeño, usando los medios de comunicación para recargas de energía de manera que sea personalizado.
- Entregar alertas generalizadas para mantener al usuario activo en la participación dentro del programa a través de o a través de redes sociales y otros medios de información colectiva.
- En los lugares donde se hace realizaría la entrega de tiquetes de puntos se deberá validar la entrega de información clara respecto a los beneficios del programa RD.
- Validar si se utilizan las mejores prácticas diseñadas en los materiales de educación y divulgación para el usuario.
- Diseñar encuestas de experiencia del usuario, antes y después del programa para evaluar el desempeño del programa desde la perspectiva del usuario.

COLOMBIA INTELIGENTE

BIBLIOGRAFÍA

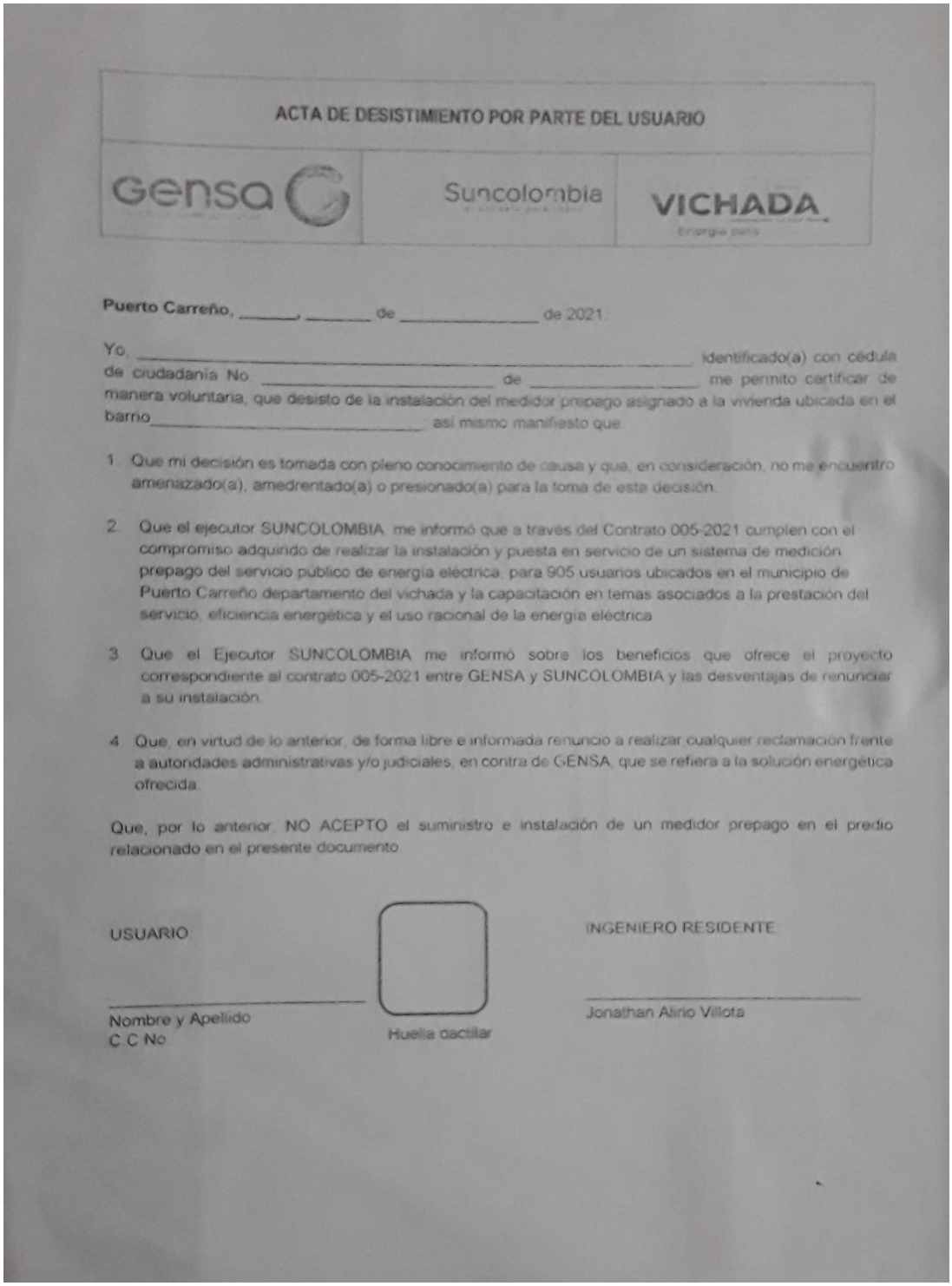
Colombia Inteligente. (2018). *GTC Demanda activa*.

Colombia Inteligente. (2021). *Estrategias programa incentivos RD*.

COLOMBIA INTELIGENTE

ANEXOS

A1. Formatos entrega de medidor y desistimiento medidor prepago.



ACTA DE DESISTIMIENTO POR PARTE DEL USUARIO

gensa Suncolombia VICHADA

Puerto Carreño, _____, _____ de _____ de 2021.

Yo, _____ identificado(a) con cédula de ciudadanía No. _____ de _____ me permito certificar de manera voluntaria, que desisto de la instalación del medidor prepago asignado a la vivienda ubicada en el barrio_____ así mismo manifiesto que:

1. Que mi decisión es tomada con pleno conocimiento de causa y que, en consideración, no me encuentro amenazado(a), amedrentado(a) o presionado(a) para la toma de esta decisión.

2. Que el ejecutor SUNCOLOMBIA me informó que a través del Contrato 005-2021 cumplen con el compromiso adquirido de realizar la instalación y puesta en servicio de un sistema de medición prepago del servicio público de energía eléctrica, para 905 usuarios ubicados en el municipio de Puerto Carreño departamento del vichada y la capacitación en temas asociados a la prestación del servicio, eficiencia energética y el uso racional de la energía eléctrica.

3. Que el Ejecutor SUNCOLOMBIA me informó sobre los beneficios que ofrece el proyecto correspondiente al contrato 005-2021 entre GENSA y SUNCOLOMBIA y las desventajas de renunciar a su instalación.

4. Que, en virtud de lo anterior, de forma libre e informada renuncio a realizar cualquier reclamación frente a autoridades administrativas y/o judiciales, en contra de GENSA, que se refiera a la solución energética ofrecida.

Que, por lo anterior, NO ACEPTO el suministro e instalación de un medidor prepago en el predio relacionado en el presente documento.

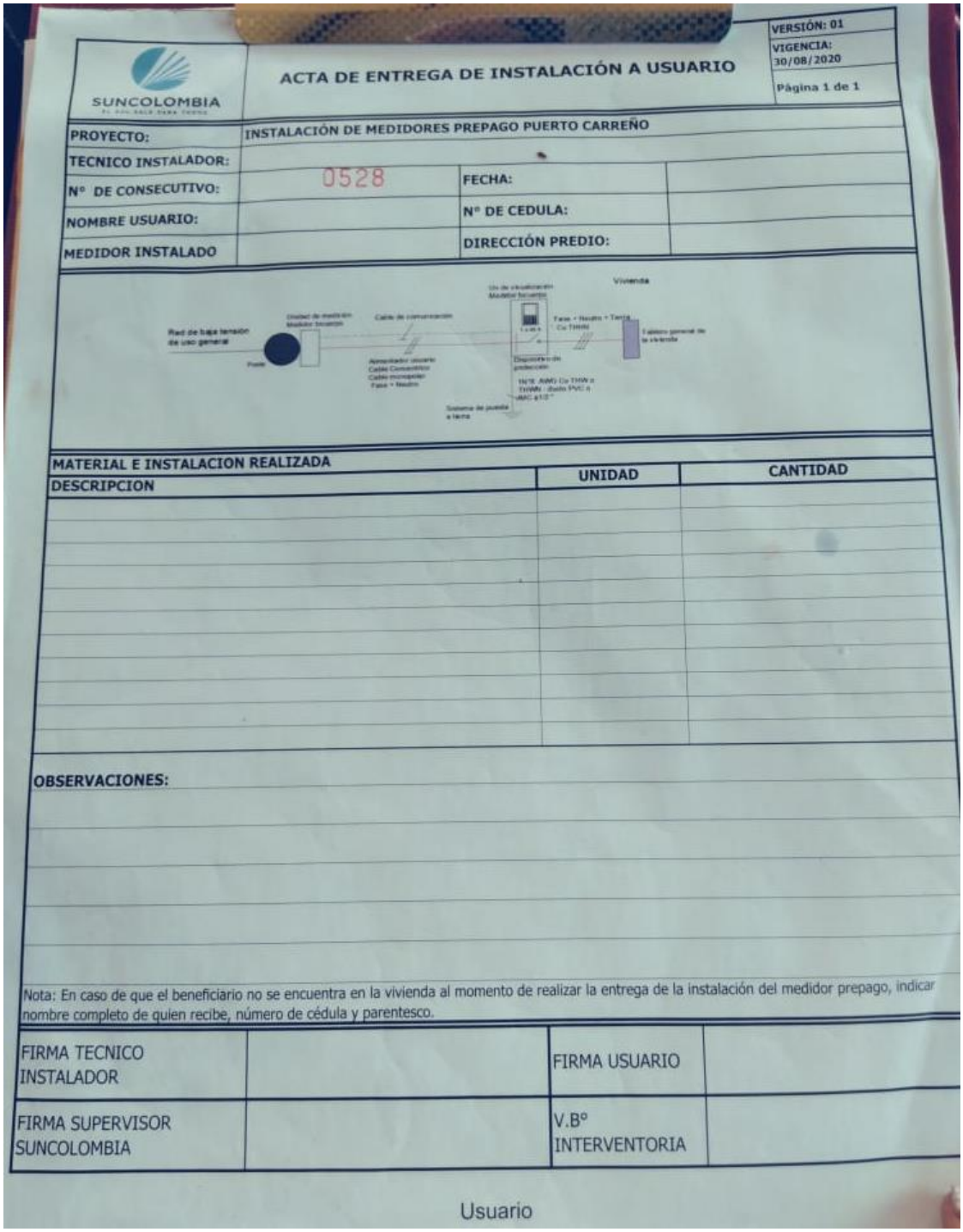
USUARIO

_____
Nombre y Apellido
C C No.

Huella dactilar

INGENIERO RESIDENTE

_____
Jonathan Alirio Villota



SUNCOLOMBIA

ACTA DE ENTREGA DE INSTALACIÓN A USUARIO

VERSIÓN: 01	
VIGENCIA: 30/08/2020	
Página 1 de 1	

PROYECTO:	INSTALACIÓN DE MEDIDORES PREPAGO PUERTO CARREÑO		
TECNICO INSTALADOR:			
N° DE CONSECUTIVO:	0528	FECHA:	
NOMBRE USUARIO:		N° DE CEDULA:	
MEDIDOR INSTALADO		DIRECCIÓN PREDIO:	

MATERIAL E INSTALACION REALIZADA		
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD

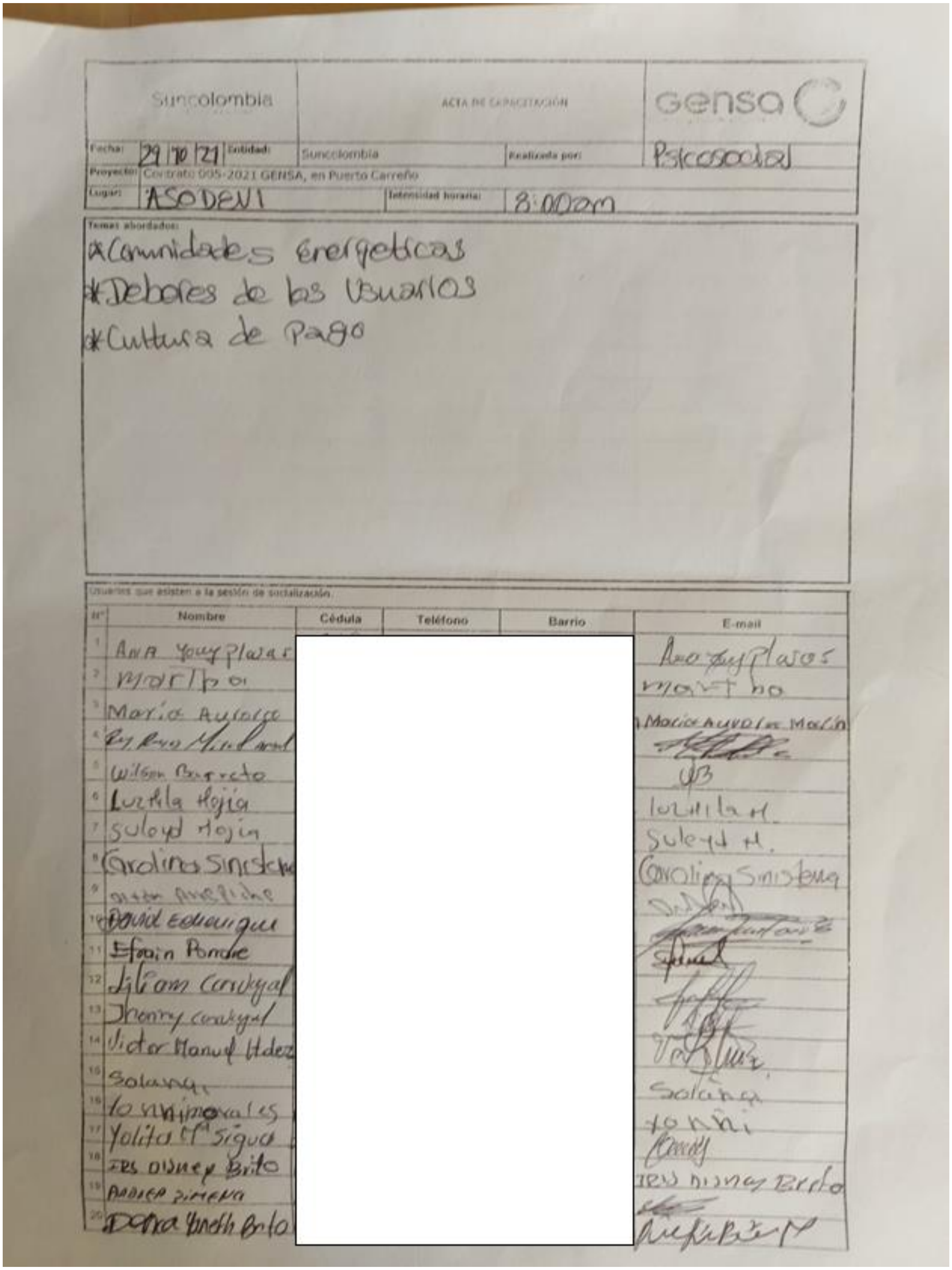
OBSERVACIONES:

Nota: En caso de que el beneficiario no se encuentra en la vivienda al momento de realizar la entrega de la instalación del medidor prepago, indicar nombre completo de quien recibe, número de cédula y parentesco.

FIRMA TECNICO INSTALADOR		FIRMA USUARIO	
FIRMA SUPERVISOR SUNCOLOMBIA		V.B° INTERVENTORIA	

Usuario

A2. Acta de asistencia a capacitaciones



Suncolombia	ACTA DE CAPACITACIÓN	gensa
Fecha: 29/10/21 Entidad:	Suncolombia	Realizada por: Psicosocial
Proyecto: Contrato 005-2021 GENSA, en Puerto Carreño		
Lugar: ASODENI	Intensidad horaria:	8:00am

Temas abordados:
*Comunidades energeticas
*Deberes de los Usuarios
*Cultura de Pago

Usuarios que asisten a la sesión de socialización

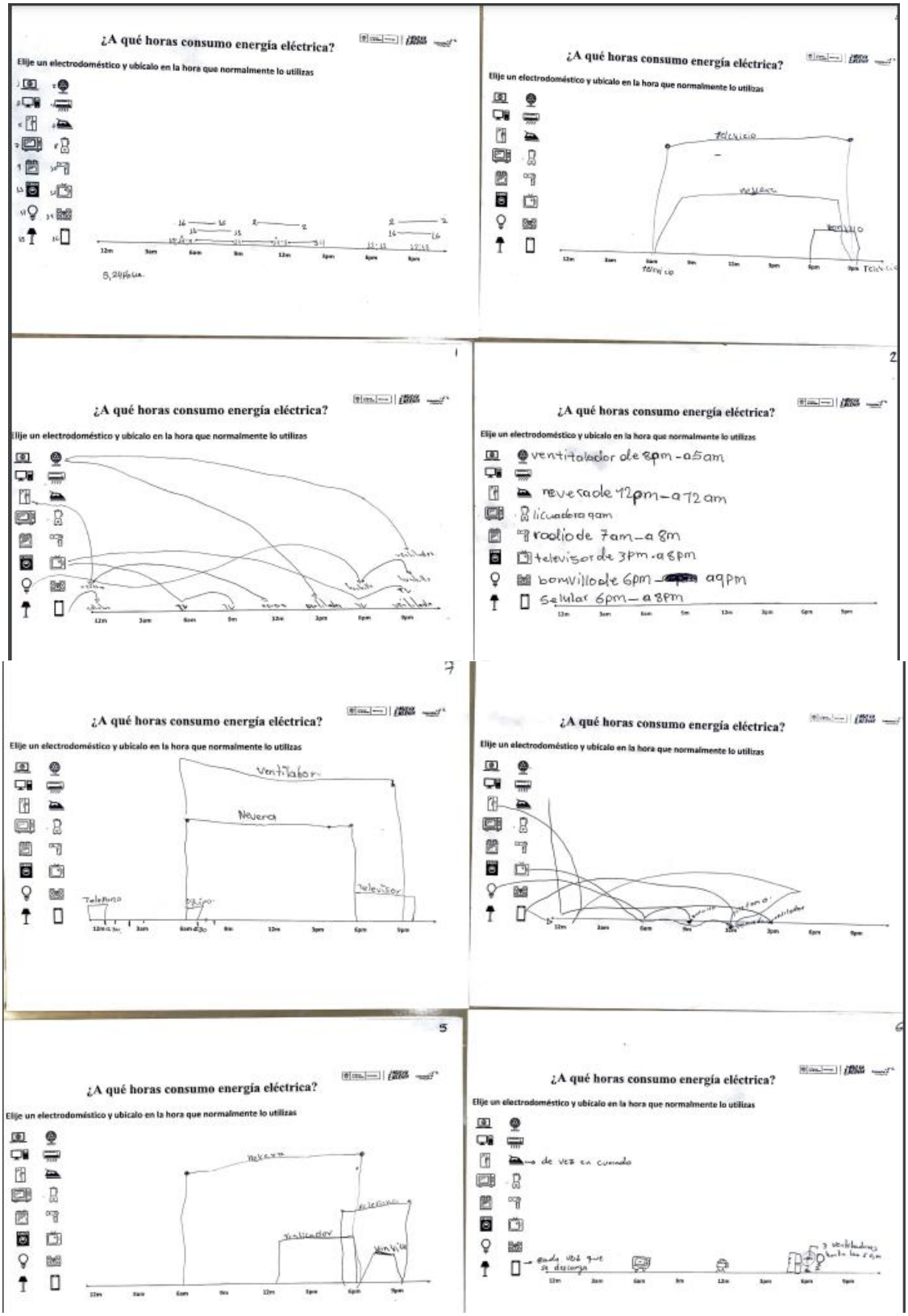
N°	Nombre	Cédula	Teléfono	Barrio	E-mail
1	Ana Yury Plazas	[redacted]			Ana Yury Plazas
2	Martha				Martha
3	María Aurora				María Aurora María
4	[illegible]				[illegible]
5	Wilson Barreto				WB
6	Luzhila Mojica				luzhila M
7	Suleyd Mojica				Suleyd M.
8	Carolina Sinisterra				Carolina Sinisterra
9	[illegible]				[illegible]
10	David Echeverique				[illegible]
11	Efrain Ponare				[illegible]
12	Liliam Carvajal				[illegible]
13	Jhonny Carvajal				[illegible]
14	Victor Manuel Hdez				[illegible]
15	Solanyi				Solanyi
16	Yonni Morales				Yonni
17	Yolita Ma Sigua				[illegible]
18	Iris Disney Brito				Iris Disney Brito
19	Andrea Jimena				[illegible]
20	Dana Yaneth Brito				[illegible]

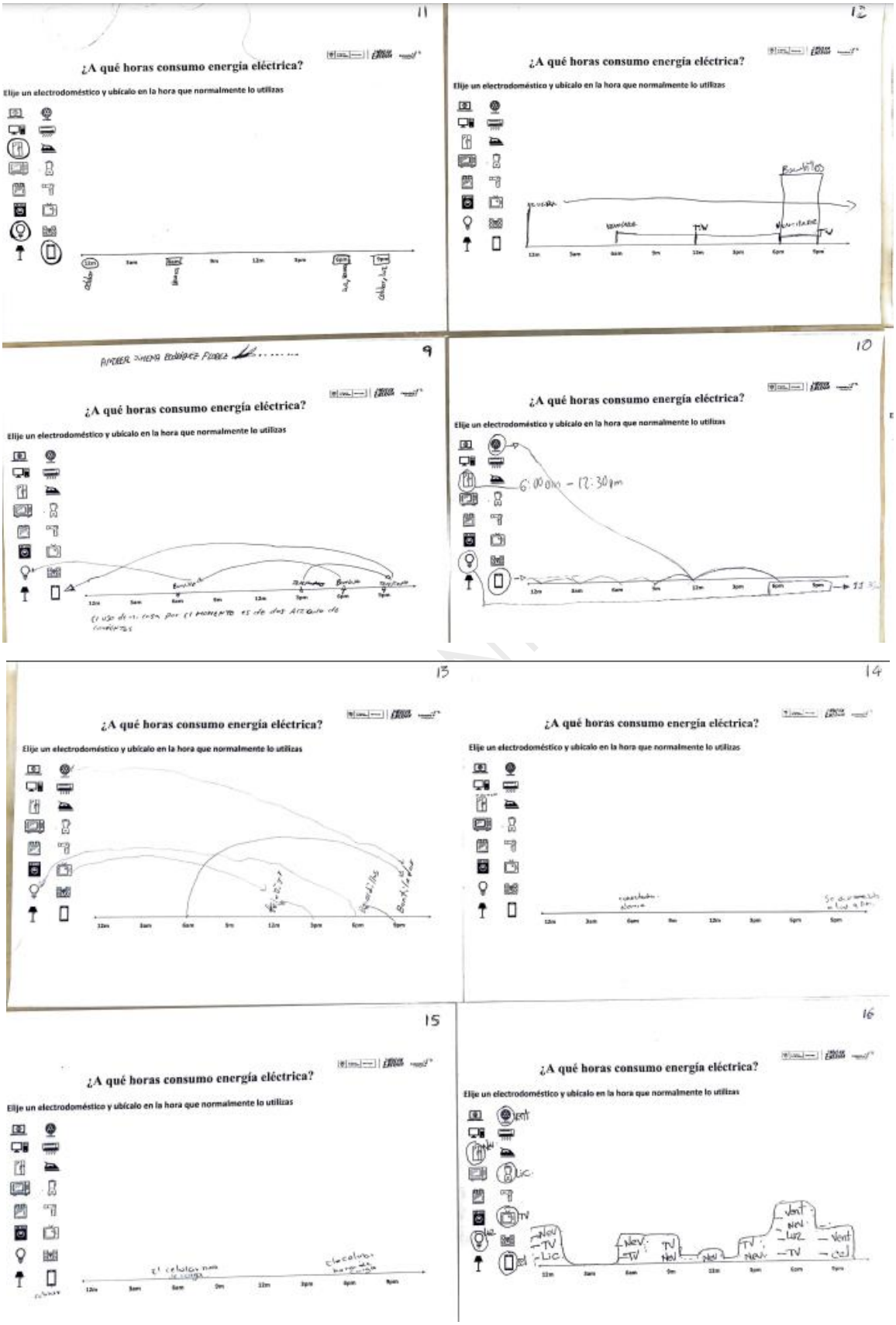
Alianza

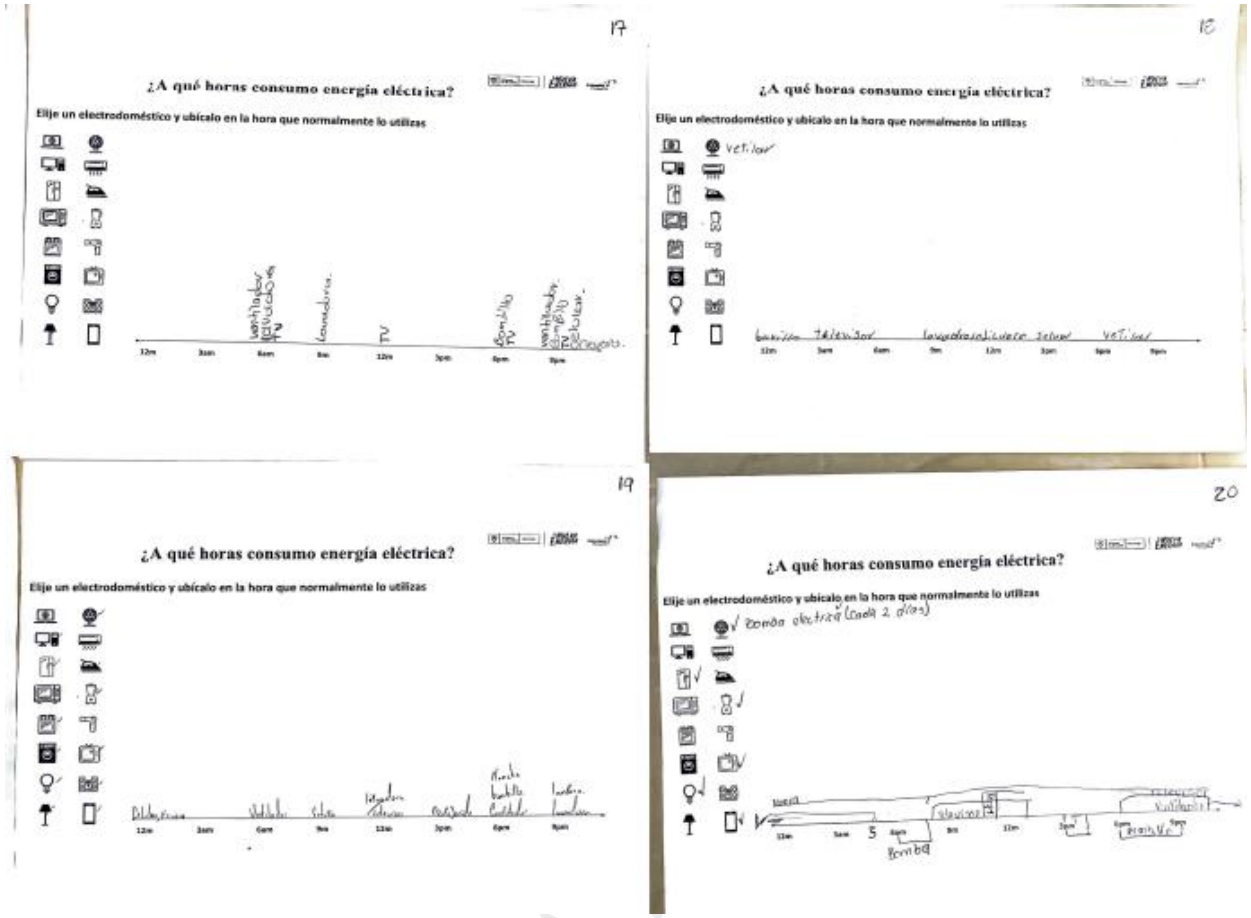
COLOMBIA INTELIGENTE

A3. Herramienta didáctica usada en capacitación (Grafica horaria de consumo energía)

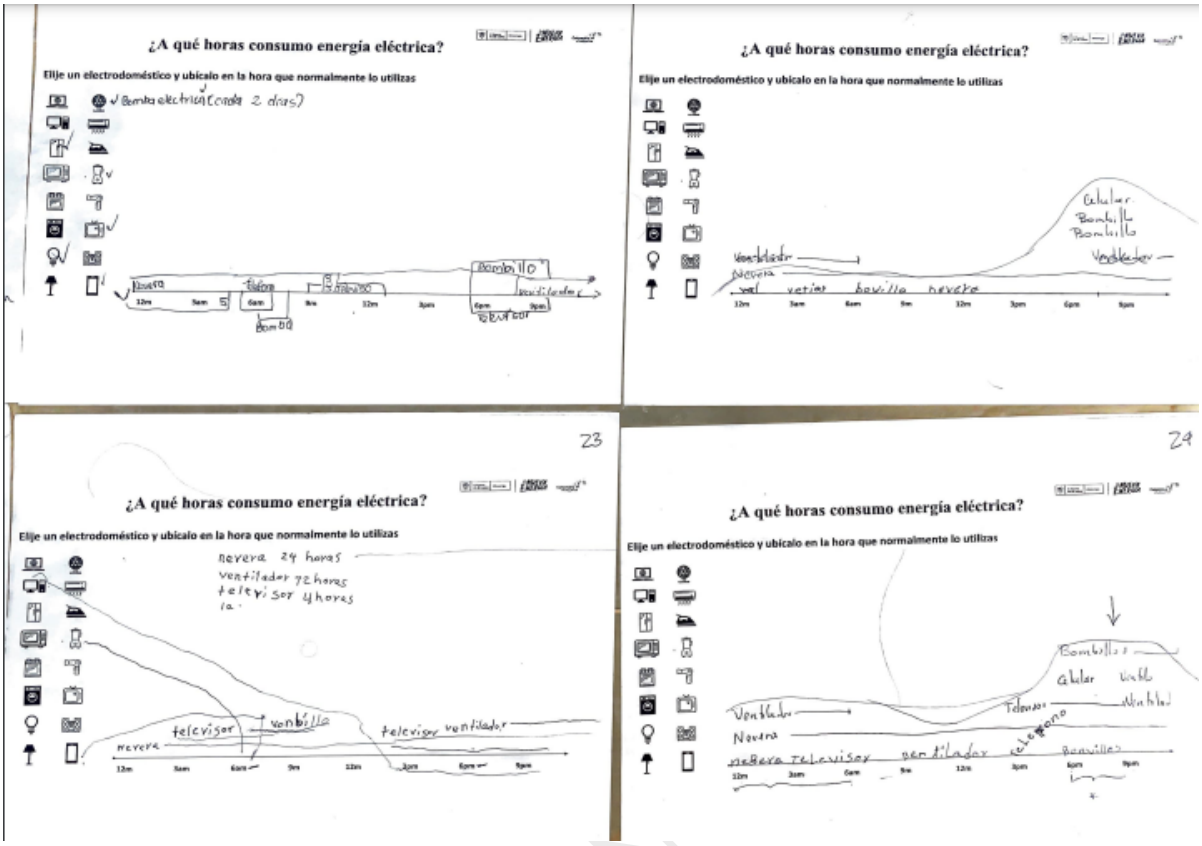
A4. Resultados caracterización consumo de usuarios

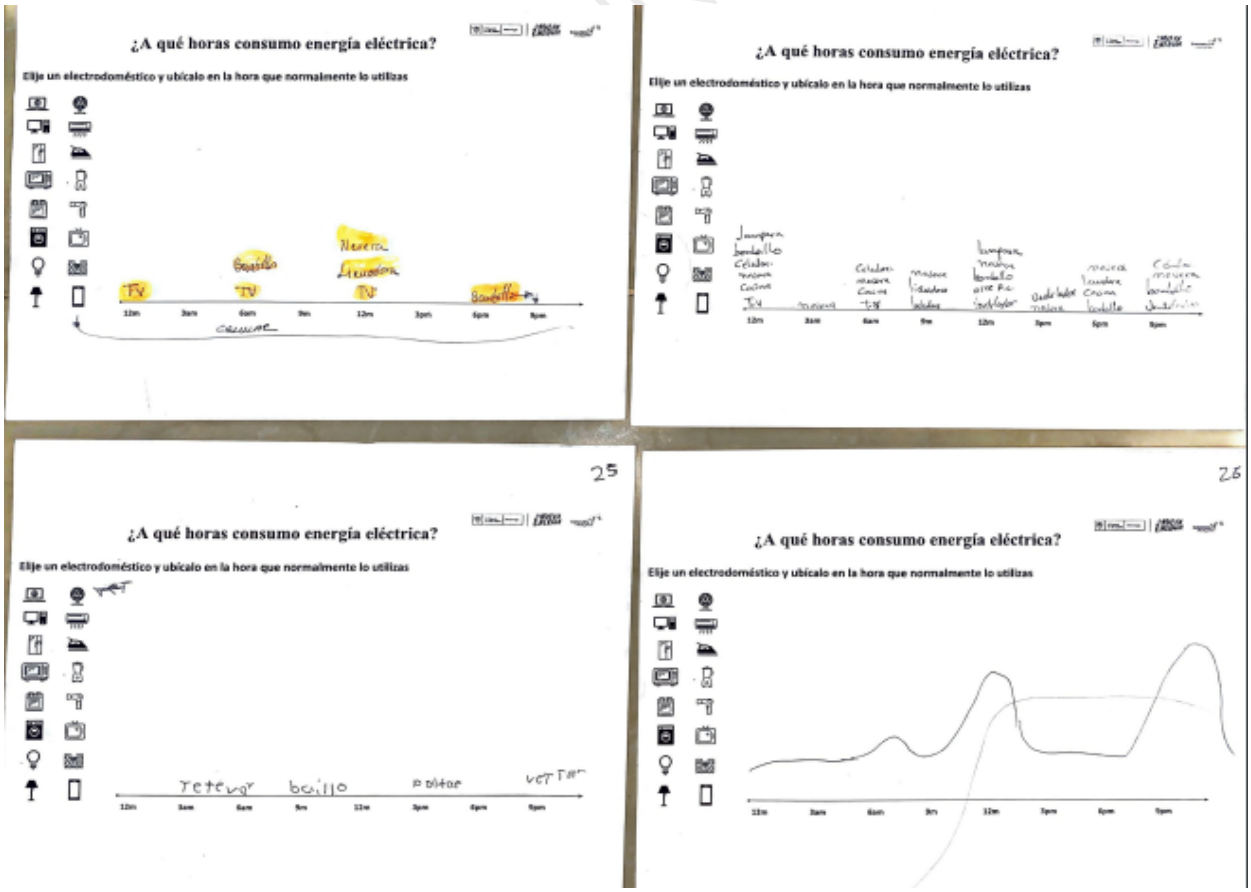


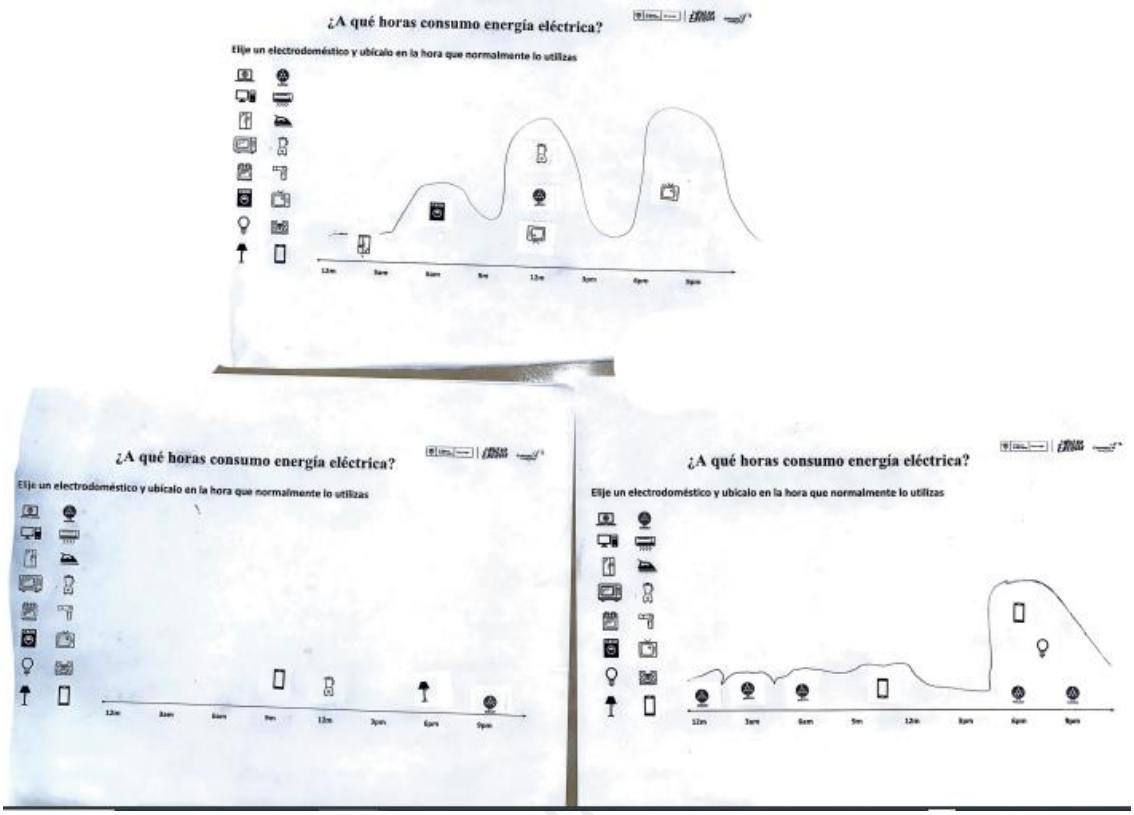

11
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
12
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
9
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
10
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
13
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
14
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
15
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
16
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas


17
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
18
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
19
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
20
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas

COLOMBIA


¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
23
24
nevera 24 horas
ventilador 12 horas
televisor 4 horas


¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
25
26


¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas
¿A qué horas consumo energía eléctrica?
Elije un electrodoméstico y ubícalo en la hora que normalmente lo utilizas

COLOMBIA

A5. Formato inscripción programa RD

ELECTRO VICHADA Energía para Todos	**ACTA DE INSCRIPCIÓN AL PILOTO DEL PROGRAMA RD**		Versión: 01 Vigencia: Pagina 1 de 1
Proyecto:	PILOTO DE RESPUESTA DE LA DEMANDA PUERTO CARREÑO		
No. Consecutivo		**Fecha**	
Nombre del usuario		**Identificación**	
Identificación del medidor		**Dirección del predio**	
OBSERVACIONES:			
_____		_____	
FIRMA USUARIO		**FIRMA SUPERVISOR ELECTROVICHADA**	

COLOMBIA INTELIGENTE

COLOMBIA INTELIGENTE

Datos de contacto
Teléfono: +(574) 444 12 11 ext.190 - 171 - 117
Dirección: Carrera 46 # 56 – 11, Edf. Tecnoparque Piso 13
Medellín – Colombia
e-mail: difusión@colombiainteligente.org
Página Web: www.colombiainteligente.org
Twitter:
@colombiaintelig

CONVENIO DE COOPERACION INTERNACIONAL GGC No. 632 de 2021 CELEBRADO ENTRE EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)

Alianza

Comunidades Energéticas

Modelos

Elaborado por:

JUAN MOLINA C.
LUISA BUITRAGO A.
SANDRA TÉLLEZ G.
SANDRA GIRALDO R.

Medellín
Noviembre, 2021

Alianza

Seguimiento

Versión	Elaboró	Revisó	Aprobó	Descripción modificación	Fecha

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una organización, entidad o empresa.
La veracidad de los datos recopilados y utilizados en el presente documento no es puesta en duda por parte de Colombia Inteligente, no haciéndose responsable por su exactitud ni su integridad. Los análisis, proyecciones y estimaciones que se presentan en este documento reflejan distintos supuestos definidos por el grupo de trabajo, los cuales podrán o no estar sujetos a discusión.
La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2021 ©

Alianza

El documento se realizó bajo el marco del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético (PIGCC M-E) desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía con el apoyo del Centro de Investigación de Agricultura Tropical con el objetivo de reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial, fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la Industria.

Grupo de Trabajo Colaborativo Demanda Activa

Grupo de trabajo conjunto y colaborativo mediante el desarrollo de sesiones de trabajo que contó con la participación de representantes de las siguientes empresas y entidades:

- CELSIA S.A. E.S.P.
- COMITÉ ASESOR DE LA COMERCIALIZACIÓN - CAC-.
- ENEL-CODENSA S.A. E.S.P.
- AIR-E S.A. E.S.P.
- EMCALI S.A. E.S.P.
- EMPRESA PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.
- UNIDAD DE PLANEACIÓN MINIERO ENERGÉTICA – UPME.
- UNIVERSIDAD DEL VALLE.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.
- XM S.A. E.S.P - FILIAL GRUPO ISA.

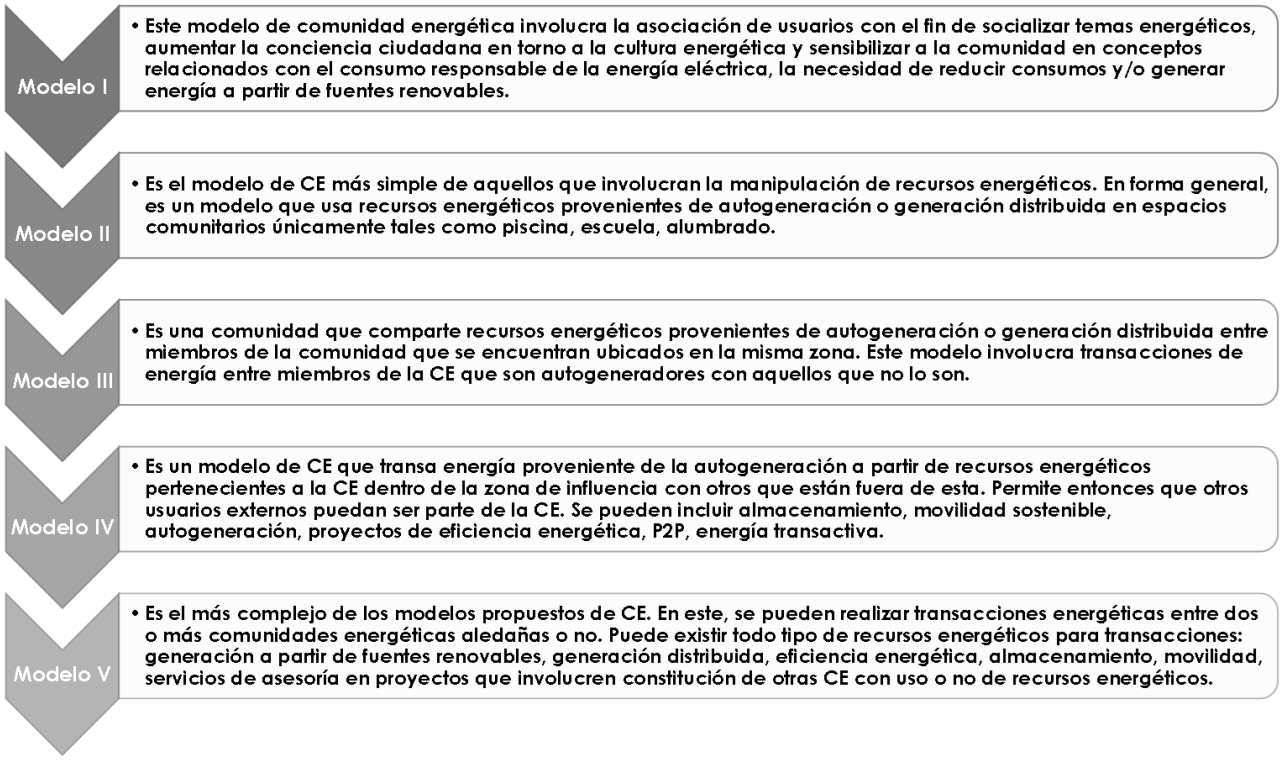
Presentación del Documento

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. Son un modo de organización entre personas para poder plantear proyectos de generación de energías renovables, gestión eficiente de la energía, ahorro en los consumos o servicios de asesoría.

El presente documento está dividido en tres secciones. La primera de ella muestra el modelo de comunidad energética a nivel general, es importante resaltar que los modelos se pueden clasificar como se muestra en la siguiente tabla:

Clasificación	Descripción
En término de las actividades	En general, las principales actividades están relacionadas con el impacto social y medioambiental que puede tener una comunidad energética
En términos de la estructura legal o jurídica	El primer elemento relacionado con la estructura legal implica que las CE funcionan de manera democrática.
En términos de objetivos y misión	Teniendo en cuenta que el fin principal de la comunidad energética es generar beneficios sociales y medioambientales en el entorno donde desarrolla su actividad.
En términos del modelo de mercado	La comunidad energética puede: • 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.

De acuerdo a lo anterior, en el contexto colombiano se plantean 5 tipos de comunidades los cuales se describen en la siguiente imagen:



Para el correcto funcionamiento de los modelos propuestos en cada modelo se deben establecer los actores, roles y responsabilidades, los actores se distinguen entre cuatro sectores distintos: (1) El estado, (2) el mercado de energía, (3) la comunidad y (4) el sector terciario. Este último es un sector intermedio a los otros tres.

La primera sección también muestra los esquemas de gobernanza de las comunidades. La gobernanza energética se define como la manera en que los diferentes actores de la comunidad energética participan en la toma de decisiones energéticas de la misma. 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.

Para complementar el esquema de gobernanza de cada modelo, a continuación, se listan las principales decisiones que son tomadas al interior de una CE, teniendo en cuenta las actividades de la CE según se trate de prácticas de política nacional y/o local, prácticas comerciales, o prácticas de gestión de la energía:

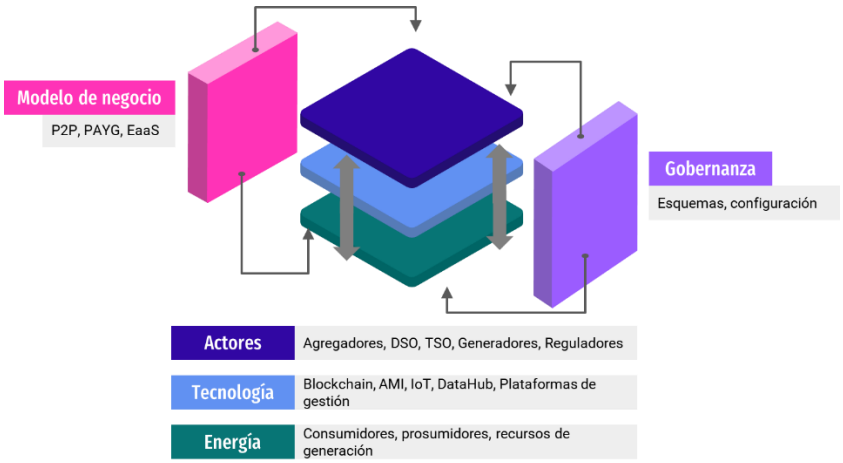
a. Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.
b. Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.
c. Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.
d. Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
e. Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).
f. Definir la estructura legal de la comunidad
g. Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía
h. Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad.
i. Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
j. Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.
k. Seleccionar los DER y mecanismos adicionales para cumplir con los objetivos definidos al constituir la CE.
l. Definir el sistema transaccional de energía entre los miembros de la comunidad (según se describe en sección 1.3)
m. Definir el esquema de facturación para energía generada y transada entre miembros de la comunidad.
n. Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.
o. Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.
p. Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.
q. Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.
r. Gestionar los recursos para el correcto funcionamiento de la comunidad
s. Proponer proyectos de inversión en energías para beneficio de la comunidad.
t. Proporcionar servicios de consultoría externa para conformación de otras comunidades.
u. Que mecanismos de control y seguimiento deben ser implementados a los procesos al interior de la comunidad.
v. Definir los costos de los servicios energéticos proporcionados.
w. Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE
x. Definir la información que debe ser entregada a los miembros de la CE.
y. Apoyar a nuevas comunidades energéticas.

Dichas decisiones se toman a través de los siguientes criterios:

Criterio	Descripción
Tipo de miembros/ Elegibilidad	Abierto a todo tipo de personas naturales y jurídicas: • Personas naturales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Autoridades locales, incluidos municipios Decisión democrática, un miembro un voto o proporcional a la participación del miembro en la CE.

Criterio	Descripción
Propósito principal	• Prioriza los beneficios ambientales, económicos o sociales para la comunidad, sus accionistas/miembros y/o para las áreas locales donde opera, con respecto a los beneficios financieros. • Participación voluntaria abierta a todos los miembros potenciales basada en criterios no discriminatorios.
Propiedad y control	• Es autónomo (Para el caso de participaciones, ningún accionista individual puede poseer más del 33% de las acciones) • Limita el control efectivo de la gestión energética a sus miembros o accionistas locales como principales beneficiarios. • Las actividades diarias de la CE se pueden gestionar a través de juntas o consejos directivos (Elegidos democráticamente en la asamblea general, donde los vecinos, socios y/o los municipios están representados), también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). • Las decisiones sobre inversiones y en el caso de CE sin ánimo de lucro, la distribución de los rendimientos se realiza en la asamblea normalmente cada (pueden invertidas en la comunidad donde se ubica y/o miembros). • Decisiones respecto a nuevos proyectos deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo. • Limitación para accionistas del tipo empresas micro y pequeño cuya actividad principal sea la energía.

La primera sección también muestra los esquemas transaccionales de las comunidades. En primera medida se muestran los referentes existentes, tales como la comunidad solar de la EIA (Colombia), el proyecto Quartierstrom (Suiza) el proyecto FEVER, los Esquema transaccional para LECs, y un Mecanismo Transaccional Integrado. Con base en los esquemas referentes se se define el esquema transaccional para CE en Colombia el cual se muestra en la siguiente figura. Se trata de un modelo de capas y bloques que comprenden los elementos, actores y relaciones generales que componen el esquema transaccional.



Las capas que componen el diagrama son las siguientes:

- **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.

Por último, la primera sección muestra la arquitectura tecnológica utilizada en las comunidades, dicha arquitectura se presenta a través de la metodología SGAM y el Estándar IEC 62559, de igual manera que la sección anterior, se muestran los referentes existentes en este tema los cuales incluyen al proyecto GIFT y FEVER. Ahora bien, para la arquitectura tecnológica propuesta se definen los diagramas de secuencia, los SGAM y los actores implicados.

La segunda sección del documento muestra en detalle los cinco modelos propuestos de comunidades energéticas en el contexto colombiano.

- **El modelo I** representa la forma de CE más simple considerada dentro de las opciones propuestas para Colombia. Una comunidad energética que se configura como la asociación de usuarios que se agrupan con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables.
- **El modelo II** es un modelo que gestiona recursos energéticos instalados en espacios comunitarios (Escuelas, zonas deportivas, hospitales, universidades, etc.) para beneficio de la comunidad de la zona donde se ubica la instalación comunitaria.
- **El Modelo III** se refiere a comunidades creadas por prosumidores, que desempeñan el papel de tomadores de decisiones, inversores y clientes, que se unen para beneficiarse de condiciones especiales de financiación en la adquisición de activos (como compra a granel), para participar en mercados de flexibilidad, beneficiarse de iniciativas colectivas de gestión eficiente de la energía.
- **El Modelo IV** se asemeja al anterior en que permite transacciones de energía entre miembros de la CE que la generan con otros miembros que no lo hacen. Sin embargo, se diferencia en que este modelo permite incluir miembros que no estén dentro de la zona geográfica de las fuentes de autogeneración a través de tecnologías que permiten el intercambio de energía de forma remota.
- **El Modelo V** el cual es el más complejo de los modelos propuestos, podría hablarse de una CE compuesta por varias CE. En este modelo, 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, involucra actores como los agregadores, TSO, DSO y trading de energía.

Para cada uno de los modelos descritos anteriormente se identifican los actores, roles y responsabilidades mínimas para el soporte de la comunidad energética, los cuales se muestran a continuación:

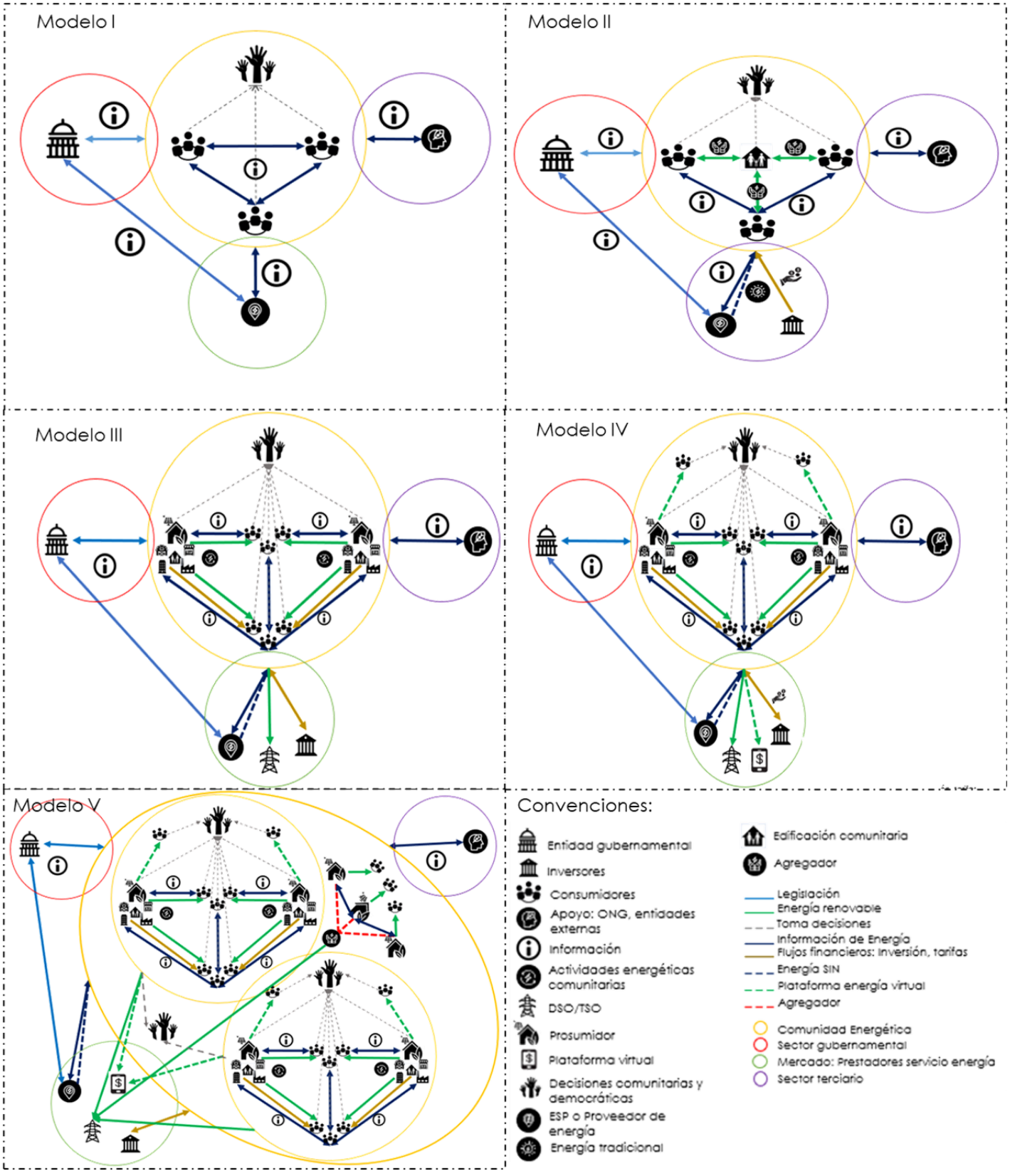
Actores	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Estado	Entidades gubernamentales	• Simplificar las leyes y / o proporcionar mejor información y educación sobre las leyes • Cambio de actitud: enfoque de la CE como una oportunidad para nuevas y mejoradas regulaciones • Distinguir entre las necesidades de apoyo del mercado, el sector terciario o las comunidades	x	x	x	x	X
Comunidad	Iniciadores: Son los actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario. Miembros de CE	• Incentivar acciones para cumplir las metas de la CE. • Proponer proyectos para crecimiento de la CE. • Estar preparado para momentos de fatiga voluntaria y procesos de formalización • Buscar información y apoyo de personas y organizaciones con experiencia	x	x	x	X	x
	Profesionales de apoyo a la comunidad (del gobierno, empresas y ONG)	• Desarrollar con la comunidad y / o apoyo lo que ha sido desarrollado por la comunidad, en lugar de desarrollar para la comunidad	x	x	x	x	x

Actores	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Consumidor o Usuario final de energía	Miembro de la comunidad o no, que es consumidor de la energía producida por la CE y transportada a través de la red propiedad o no de esta. Los consumidores pueden recibir ayudas de instituciones financieras y gobiernos locales y/o se pueden asociar con empresas locales que tienen los recursos.	• Hacer uso adecuado de la energía que consume. • Pagar de forma oportuna el costo de la energía consumida. • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones. • Reportar incidentes en la recepción de la energía. • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo.		x	x	x	x
Prosumidor	El usuario final o grupo de usuarios que consume, almacena, autogenera, participa en la flexibilidad o gestión eficiente de la energía. Tipos: residencial, empresarial, Industrial, Comunitario	• Operar y velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a la red, almacenarlo o compartirlo con otro miembro de la comunidad • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía		x	x	x	x
Proveedor de energía	Es la entidad que compra la electricidad a los productores y la vende a los usuarios finales.	• Adquirir la energía de los productores locales. • Abastecer energía cuando hay déficit de esta • Gestionar el sistema local de energía. • Suministrar electricidad, gas y calor, • Facturar los servicios de energía • Procurar un sistema de energía flexible.				x	x
Agregador	Es la entidad que agrega una serie de usuarios finales y entidades que poseen o están directamente conectados a los recursos a nivel de distribución, como prosumidores, productores o cualquier combinación de ellos.	• Brindar servicios a la red • Superar las restricciones de participación a través de mecanismos de agregación de usuarios. • Establecer acuerdos contractuales con usuarios conectados directamente a los recursos de distribución (almacenamiento, generación distribuida, control de cargas, entre otros).				*x*	x
Operador de sistema de distribución- DSO	Responsable de gestionar activamente las redes locales y las conexiones de red. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Asegurar la operación segura e independiente de la red. • Planificar la distribución de la energía a través de la red. • Velar con que haya un tratamiento no discriminatorio para cualquiera que se conecte y transporte energía eléctrica a través de la red. • Velar por la calidad y estabilidad en el suministro de energía al usuario final. • Facilitar el intercambio de energía entre los miembros de la comunidad energética, a través de la red. • Proporcionar la información adecuada a la Comunidad energética. • Mantener una colaboración estrecha con la CE para contribuir a que la participación de los usuarios sea cada vez mayor. • Definir el esquema tarifario para la energía. • Recolectar ofertas de mercado y liquidar. • Recibir y responder a los requerimientos de conexión. • Coordinar el mercado a nivel local. • Servir de vínculo entre los generadores, el sistema de transmisión, y los usuarios finales.					

Actores	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Operador del Sistema de transmisión-TSO/ISO	Responsable del transporte de energía y el balance del sistema. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Garantizar la circulación de energía en la red • Garantizar el balance en la red de suministro y demanda.				x	x
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética.	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía		x	x	x	x
Agente facturador	Encargado de general los cobros del consumo energía	• Generar la facturación del consumo de energía por parte del usuario final				x	x
Trader	Es la entidad que puede representar grandes volúmenes de energía en los mercados mayoristas y lograr un mejor posicionamiento y reducción de costos no energéticos.	• Supervisar los mercados • Gestionar el riesgo de fluctuaciones en los precios de la energía ofreciendo decisiones minuto a minuto • Ofrecer capitalización de movimientos de precios y explotación de oportunidades de arbitraje.					x
Asamblea comunitaria/La comunidad	Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en si	• Proporcionar plataforma integrada de intercambio de energía • Contabilizar y facturar la energía suministrada a los miembros • Ser consumidores de la energía producida. • Velar por la recolección de facturación por prestación del servicio de energía • Flexibilizar la participación de los miembros • Reducir emisiones • Reducir la dependencia energética • Mejorar la seguridad en el suministro energético • Invertir en proyectos energéticos • Asumir el papel de DSO cuando se convierte en responsable de la gestión y el mantenimiento de su propia microrred • Cuando actúa como agregador, puede vender la flexibilidad agregada proporcionada por el despacho de generación, cargas controlables y sistemas de almacenamiento de energía en los mercados mayoristas de energía o al DSO • Crear herramientas y material de aprendizaje para ayudar a los "principiantes" - personas interesadas en lanzar una comunidad energética: mejores prácticas, documentos y manuales sobre cómo elegir el modelo de negocio adecuado, financiación, gestión, partes interesadas y democracia energética.	x	x	x	x	x

Actores	Roles	Responsabilidades	MI	MII	MIII	MIV	MV
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad	x	x	x	x	x
Compañías proveedoras de tecnología y servicios de energía	Proveedores de servicios de energía, tecnología y equipos a la CE y otros involucrados en el intercambio de energía.	• Ofrecer servicios adicionales como gestión eficiente de la energía • Ofrecer servicios de reacondicionamiento energético de edificaciones • Proveer tecnología para la generación local de energía. • Proveer tecnología para gestión eficiente de la energía. • Proveer tecnología para la gestión de los sistemas de energía.			x	x	
Empresas prestadoras de servicios públicos	Se ocupa de la prestación de un servicio relacionado con la energía, como la generación, distribución, almacenamiento y suministro de energía o productos básicos relacionados con la energía, y otros servicios energéticos como la gestión eficiente de la energía, construcción. remodelación, instalación y mantenimiento de equipos o agregación.	• Propiciar actividades para mejorar la gestión eficiente de la energía • Financiar, suministrar e instalar equipos eficientes energéticamente • Rehabilitar edificaciones en busca de mejor manejo de la energía • Gestión de los sistemas de generación local • Todas las actividades relacionadas con la optimización de perfiles energéticos individuales y / o comunitarios en respuesta a señales como precios dinámicos y/o la disponibilidad de renovables (generadas localmente).					x
Entidades locales/Alcaldías	Es la entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones. Los proyectos que diseñan y realizan las comunidades energéticas también contribuyen a objetivos estratégicos de la política local y regional como gestión eficiente de la energía, reducción de pobreza energética, permitir que la comunidad sea más activa e impulsar el desarrollo económico del lugar.	• Adoptar normas y reglamentos locales para favorecer la energía en las CE. • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a la energía comunitaria. • Facilitar el dialogo entre actores de CE. • Proporcionar recursos para financiación de proyectos de CE. • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo. • Compartir personal y recursos locales con las CE. • Favorecer la compra de energía renovable de CE. • Hacer parte de una CE • Contratar energía 100% renovable. • Promover energía renovable en instalaciones publicas		x	x	x	x

De igual manera se muestran los esquemas de gobernanza, los cuales están basados en los criterios definidos por los tipos de usuarios, el propósito principal de cada modelo, la propiedad y el control y por último la elegibilidad de las CE. Con base en los criterios mencionados se proponen los siguientes esquemas de gobernanza:

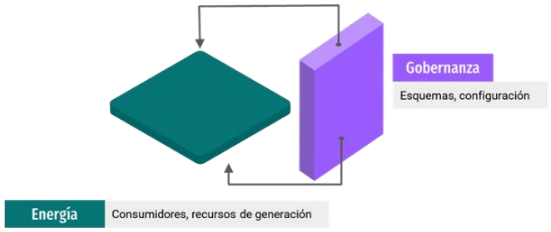


De acuerdo a los esquemas anteriormente mostrados, las decisiones mínimas que se toman en los diferentes modelos son:

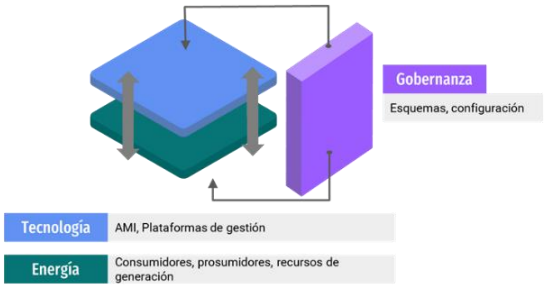
Decisiones que pueden ser tomadas al interior de la comunidad energética	MI	MII	MIII	MIV	MV
Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.	x	x	x		
Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.		x	x		
Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.	x	x	x		
Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.	x	x	x	x	x
Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).	x	x	x		
Definir la estructura legal de la comunidad	x	x	x		
Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía		x	x		
Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad.		x	x		
Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.		x	x	x	x
Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.		x	x		
Seleccionar los DER y mecanismos adicionales para cumplir con los objetivos definidos al constituir la CE.			x		
Definir el sistema transaccional de energía entre los miembros de la comunidad (según se describe en sección 1.3)			x	x	x
Definir el esquema de facturación para energía generada y transada entre miembros de la comunidad.			x	x	x
Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.			x	x	x
Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.			x	x	x
Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.			x	x	x
Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.			x	x	x
Gestionar los recursos para el correcto funcionamiento de la comunidad					x
Proponer proyectos de inversión en energías para beneficio de la comunidad.					x
Proporcionar servicios de consultoría externa para conformación de otras comunidades.					x
Que mecanismos de control y seguimiento deben ser implementados a los procesos al interior de la comunidad.					x
Nuevos usuarios pueden unirse en la figura de agregador para transar energía en el mercado				x	x
Definir los costos de los servicios energéticos proporcionados.				x	
Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE				x	x
Definir la información que debe ser entregada a los miembros de la CE.					x
Apoyar a nuevas comunidades energéticas.					x

En tercer lugar, la segunda sección también muestra los esquemas transaccionales para las comunidades, los cuales se muestran a continuación:

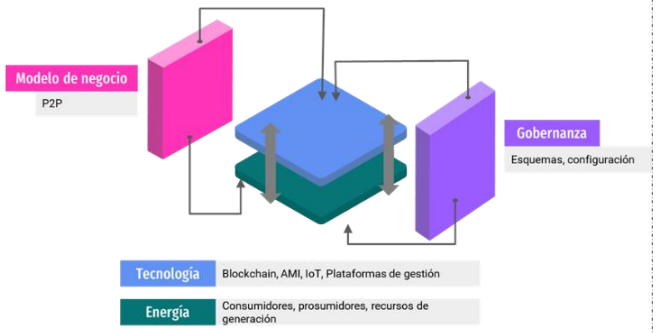
Modelo I



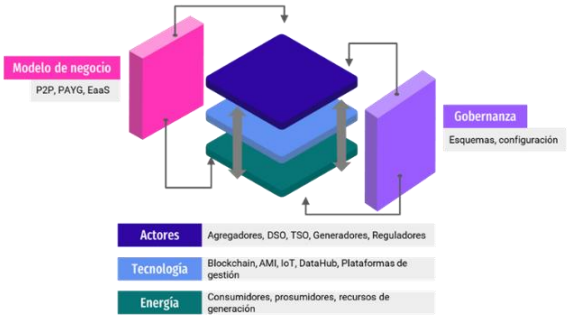
Modelo II



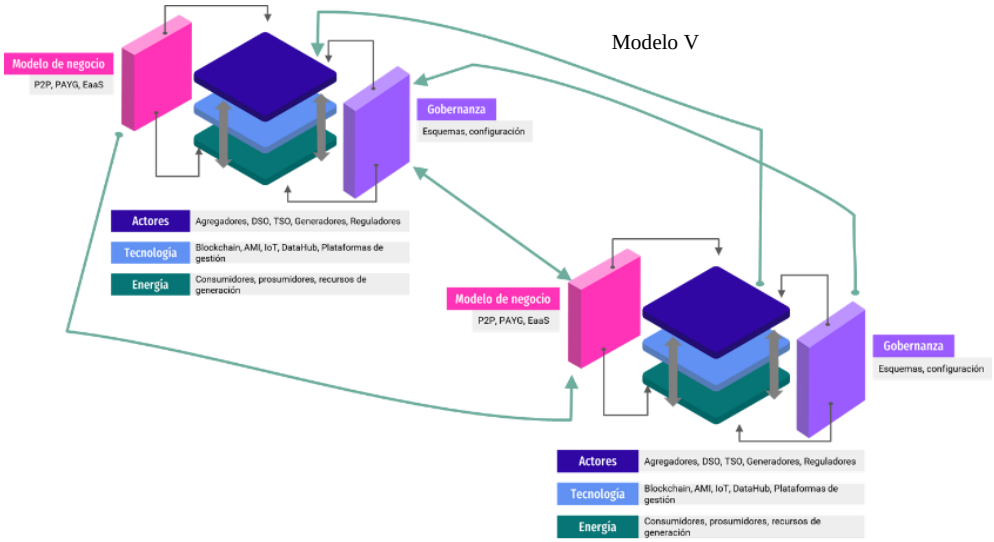
Modelo III



Modelo IV



Modelo V



Para el **modelo I:** El modelo de negocio de energía en esta CE es el más básico de todos: se da entre el DSO y el cliente mediante el proceso de facturación tradicional mensual, incluso utilizando de medidores de energía convencionales.

Para el **modelo II:** Las transacciones comerciales de esta CE siguen siendo de tipo simplificado entre el DSO y el cliente, de forma tradicional. El modelo de negocio de energía en esta CE es igual que el de la CE tipo I, porque a pesar de que existe más infraestructura tecnológica, no se hacen más transacciones entre los miembros de la comunidad.

Para el **modelo III:** Este esquema transaccional involucra a los miembros junto con las infraestructuras tecnológicas particulares y comunitarias. Los prosumidores que tengan disponibilidad de excedentes de energía pueden transarlo directamente con otros usuarios que la requieran; así mismo, los usuarios que requieran energía deben notificar su requerimiento al sistema. La incorporación de generación distribuida proveniente de energía renovables hace necesario un sistema de gestión de información que permita intercambiar datos de generación disponible vs consumo demandado. Además, se requiere un modelo de negocio, como el P2P, que permita los intercambios comerciales de energía directamente entre consumidores y prosumidores. Pueden involucrarse otros tipos de negocio como la agregación. Para que todo esto sea posible, se requiere una plataforma tecnológica como blockchain.

Para el **modelo VI:** Esta CE requiere de un esquema transaccional más complejo, en el que consumidores y prosumidores puedan relacionarse; también pueden intervenir agregadores. El sistema de gestión de información debe estar en capacidad de manejar información de consumos, tarifas, flexibilidades energéticas, ofertas de excedentes, requerimientos de energía, entre otros. Es recomendable que este sea un sistema de control descentralizado. En este caso, el DSO puede tener intercambios de energía bidireccionales con los miembros de la comunidad. De igual forma, se requiere un modelo de negocio, como el P2P, que permita los intercambios comerciales de energía directamente entre consumidores y prosumidores. Pueden involucrarse otros tipos de negocio como la agregación. Es más factible que se den otros modelos de negociación como PAYG o EaaS. Para que todo esto sea posible, se requiere una plataforma tecnológica como blockchain y se presentan más posibilidades de negociación con sistemas digitales como Tokens de energía.

Para el **modelo V** se requiere entonces de un esquema transaccional de alto nivel que permita relaciones directas internas entre miembros de la comunidad, pero también entre miembros de diferentes comunidades. Esto implica la combinación de esquemas centralizados y descentralizados de gestión de información. También se requiere que existan esquemas transaccionales entre dos o más DSOs diferentes, entre DSO y TSO, que habiliten los intercambios energéticos entre comunidades ubicadas en regiones lejanas. Un modelo de negocio, como el P2P es necesario, pueden involucrarse otros tipos de negocio como la agregación y es más factible que se den otros modelos de negociación como PAYG o EaaS. Adicionalmente es probable que se desarrollen nuevos esquemas de negocios intercomunitarios que rompan los esquemas actuales energéticos. Para que todo esto sea posible, se requiere una plataforma tecnológica como blockchain.

Finalmente, la segunda sección muestra la arquitectura tecnológica y recursos energéticos para los modelos energéticos a través de un diagrama de secuencia, diagrama SGAM y los actores involucrados.

Para resumir lo presentado en la sección 2 se muestra un análisis comparativo de los modelos presentados.

#	I	II	III	IV	V
Propósito	Intercambio de información en torno a gestión eficiente de la energía, conciencia de consumo de energía, conciencia ambiental.	Gestión de DER instalados en edificios de carácter comunitario (Hospital, escuelas, municipalidades)	Compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros de la comunidad que se encuentran ubicados en la misma zona. Comunidad de prosumidores	Compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros que se encuentran en la zona geográfica de influencia o por fuera de esta	Transar energía entre comunidades energéticas ya establecidas

#	I	II	III	IV	V
Agrupación de usuarios	Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, sin que pertenezcan a una misma zona geográfica. En este modelo, los actores involucrados son los iniciadores, la comunidad alrededor del edificio comunitario, las entidades gubernamentales	se pueden agrupar individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, ubicados en la misma área donde se encuentra la edificación comunitaria donde se tiene la instalación de generación o de aprovechamiento energético.	hay miembros prosumidores y otros consumidores, todos los miembros, sin importar el rol que cumplen, deben estar ubicados geográficamente en las proximidades de la fuente de energía renovable, y que además de la autogeneración, también puede haber vehículos eléctricos y/o gestión eficiente de la energía	Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, que pertenezcan o no a una misma zona geográfica. Pueden incluir los actores del sistema tradicional de energía y los actores adicionales para CE. Se involucran actores los siguientes: Consumidores, prosumidores, operadores de red, plataformas de intercambio energético, inversores	Involucra un numero grande de actores, que hacen más complejo el funcionamiento y control de la comunidad energética: Consumidores, agentes de trading energético, reguladores de tarifas, TDS, operadores de red, inversores, comunidad, asamblea
Arquitectura	Sólo tiene componentes básicos ubicados en el dominio Usuario y distribución. No hay intercambio de información a las capas superiores del modelo SGAM	Adicional al caso anterior, aparecen componentes en el Dominio DER, lo que conlleva a intercambios con las capas Comunicación e Información del modelo SGAM	Los casos de Uso ya no son solo primarios, sino que también aparecen de Alto nivel. Los componentes actúan incluso en la capa de funciones.	Los componentes se ubican en varios dominios, hasta el nivel de Transmisión y la capa de Negocios. Los intercambios de información y componentes entre capas son de alta complejidad.	Es el único tipo de CE con componentes ubicados en el dominio TSO. Los intercambios y flujos de información, tanto interno entre capas como entre capas, es de alta complejidad.
Modelos de negocio	Sólo existen las capas de energía y gobernanza: Una agrupación de usuarios con un interés común y algún esquema simple de organización entre ellos. Aun no consideran aspectos de infraestructura tecnológica ni mercados energéticos.	Además de los miembros y recursos de generación, se incluyen recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas simples de gestión de información de generación y consumo de la aplicación o instalación comunitaria. No hay otro tipo de intercambios comerciales.	Este esquema transaccional involucra a los miembros junto con las infraestructuras tecnológicas particulares y comunitarias. Se requiere un modelo de negocio como el P2P y un esquema de gobernanza definido.	Se hacen presentes todas las capas, con representación activa en cada una de ellas. La capa de energía tiene más puntos de intercambio, se cuenta con mayor infraestructura tecnológica y los actores como DSO y reguladores son obligatorios. Transversalmente, el esquema de gobernanza puede ser más complejo para involucrar más actores y funciones.	En esta infraestructura se deben relacionar los actores de una CE con lo de la otra, crear esquemas de gobernanza complementarios y modelos de negocios que permitan comercializar la energía entre comunidades.

#	I	II	III	IV	V
Esquemas de gobernanza	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.	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, Se integra el prosumidor, constituido por la edificación y dentro del mercado se integran los inversionistas	Muchos o todos los miembros de la comunidad son autogeneradores y consumidores de energía, involucra líneas de flujo de energía (de autogeneración y del SIN), líneas de información, líneas financieras (inversiones y de tarifas de la energía que se intercambia al interior de la CE). La toma de decisiones relevantes es realizada por asamblea realizada una vez al año, y por los miembros del órgano administrativo que corresponde.	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 lo que es necesario que entre en juego otro actor que se denomina agente o plataforma virtual,	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. La toma de decisiones se hace más compleja y por tanto debe ser más cuidadosa. 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 relacionadas con inversiones relacionadas con la ampliación de la red, esquema tarifario global, reglas de agregación

Finalmente, la tercera sección propone una serie de recomendaciones para la definición de los actores, roles y responsabilidades, los esquemas de gobernanza, transaccionales y de la arquitectura tecnológica de los tipos de CE propuestos en este documento:

- Para el establecimiento de una comunidad energética es necesario contar con estudios técnicos además de permisos y evaluaciones de impacto ambiental del lugar en el cual se va a ubicar la CE.
- Actualmente se presenta para los usuarios algunos desafíos para ingresar al mercado de energía; otorgándoles ingresos se puede obtener acceso a las redes y competir de manera equitativa y asequible con las empresas de servicios de energía. Además, se requeriría que los operadores de sistemas de distribución habiliten y faciliten las estructuras de energía comunitaria como proveedores de los servicios de energía.
- Con el fin de evitar problemas culturales relacionados con el desarrollo de energía comunitaria, es necesario educar a los usuarios potenciales de la comunidad para que estos conozcan sus beneficios, bien sean de índole económico o ambiental, según sea el modelo de CE que se vaya a implementar en el área.
- Es necesario involucrar a los diferentes actores participantes en la CE para discutir temas relacionados con la validación de los esquemas y modelos planteados.
- Previo a la implementación física del piloto de la CE, es necesario conceptualizar todos los aspectos relacionados con el esquema transaccional: modelo de negocios, tecnologías a utilizar y sistemas de intercambios.
- La definición de las características técnicas de las plataformas a usar, especificaciones de equipos de Smart grids están directamente relacionadas con los objetivos a cumplir, los modelos de negocio y los esquemas de gobernanza. Por lo tanto, se deben especificar todas las capas.
- La definición de los Casos de Uso se fundamenta en los objetivos y propósitos de la CE. Serán los miembros de la comunidad quienes determinen las ponderaciones de cada función.

Tabla de Contenido

Presentación del Documento 5

1. MODELO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA 21

1.1. Actores, roles y responsabilidades 24
1.2. Esquema de gobernanza 29
1.3. Esquema transaccional 34
1.3.1. Referentes existentes 38
1.4. Arquitectura tecnológica 41
1.4.1. Referentes existentes 43

2. CARACTERIZACIÓN MODELOS DE COMUNIDAD ENERGÉTICA 46

2.1. Modelo I 46
2.1.1. Actores, roles y responsabilidades 46
2.1.2. Esquema de gobernanza 47
2.1.3. Esquema transaccional 49
2.1.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos 49
2.2. Modelo II 50
2.2.1. Actores, roles y responsabilidades 51
2.2.2. Esquema de gobernanza 52
2.2.3. Esquema transaccional 54
2.2.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos 54
2.3. Modelo III 56
2.3.1. Actores, roles y responsabilidades 56
2.3.2. Esquema de gobernanza 57
2.3.3. Esquema transaccional 59
2.3.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos 60
2.4. Modelo IV 62
2.4.1. Actores, roles y responsabilidades 63
2.4.2. Esquema de gobernanza 64
2.4.3. Esquema transaccional 66
2.4.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos 67
2.5. Modelo V 68
2.5.1. Actores, roles y responsabilidades 69
2.5.2. Esquema de gobernanza 70
2.5.3. Esquema transaccional 72
2.5.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos 73
2.6. Análisis comparativo 74

3. RECOMENDACIONES 77

ANEXO I 78
BIBLIOGRAFÍA 86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Actores en una CE. 25
Figura 2. Relación actores con los DER....29
Figura 3. Esquema de gobernanza sistema energético actual. 30
Figura 4. Interacción de los actores al interior de las CE. 31
Figura 5. Esquema transaccional general para Comunidades Energéticas 35
Figura 6. Modelo de intercambio P2P 36
Figura 7. Agregadores, cadena de flexibilidad 36
Figura 8. Agregadores, cadena de flexibilidad 37
Figura 9. Esquema PAYG 37
Figura 10. Modelo transaccional de Blockchain 38
Figura 11. Esquema transaccional Comunidad EIA....39
Figura 12. Esquema transaccional de Comunidades de Quartierstrom (Suiza) 39
Figura 13. Esquema transaccional para LECs....40
Figura 14. Mecanismo transaccional Integrado 40
Figura 15. Esquema transaccional para Autoconsumo Colectivo en España 41
Figura 16. Arquitectura Modelo para Smart Grids (SGAM)....42
Figura 17. Ubicación de las granjas piscícolas alrededor de Grytøya 44
Figura 18. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo I. 48
Figura 19. Esquema transaccional para CE Tipo 1....49
Figura 20. Diagrama de secuencia para CE Tipo 1 49
Figura 21. Diagrama SGAM para CE Tipo 1....50
Figura 22. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo II. 53
Figura 23. Esquema transaccional para CE Tipo II....54
Figura 24. Diagrama de secuencia para CE Tipo II 55
Figura 25. Diagrama SGAM para CE Tipo II....55
Figura 26. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo III. 58
Figura 27. Esquema transaccional para CE Tipo III....60
Figura 28. Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE Tipo III 60
Figura 29. Diagrama de secuencia Caso de Uso Primario 01 para CE Tipo III....61
Figura 30. Diagrama de secuencia Caso de Uso Primario 02 para CE Tipo III....61
Figura 31. Diagrama SGAM para CE Tipo III 62
Figura 32. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo IV. 65
Figura 33. Esquema transaccional para CE Tipo IV 66
Figura 34. Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE Tipo IV....67
Figura 35. Diagrama SGAM para CE Tipo IV....67
Figura 36. Relaciones entre actores en Comunidad Energética, Modelo V. 68
Figura 37. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo V. 71
Figura 38. Esquema transaccional para CE Tipo IV 72
Figura 39. Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE Tipo V....73
Figura 40. Diagrama SGAM para CE Tipo V....74
Figura 41. Diagrama de secuencia proyecto Fishfarm - GIFT 78
Figura 42. Diagrama SGAM datos proyecto Fishfarm - GIFT 78
Figura 43. Diagrama SGAM componentes Proyecto Fishfarm - GIFT....78
Figura 44. Relación actores Proyecto Fishfarm - GIFT....79
Figura 45. Diagrama de secuencia proyecto Smart Harstad - GIFT....79
Figura 46. Diagrama SGAM datos proyecto Smart Harstad - GIFT....80
Figura 47. Diagrama SGAM componentes proyecto Smart Harstad - GIFT....80
Figura 48. Relación actores Proyecto Smart Harstad - GIFT....80
Figura 49. Diagrama de secuencia proyecto Procida - GIFT....81
Figura 50. Diagrama SGAM datos proyecto Procida - GIFT....81
Figura 51. Diagrama SGAM componentes proyecto Procida - GIFT....81
Figura 52. Relación actores Proyecto Procida - GIFT....82
Figura 53. Diagrama caso de uso HLUC 15 Proyecto FEVER 83
Figura 54. Diagrama de secuencia PUC03 Proyecto FEVER....83
Figura 55. Diagrama de secuencia PUC04 Proyecto FEVER....84

Figura 56. Diagrama de secuencia PUC05 Proyecto FEVER....84
Figura 57. Diagrama de secuencia PUC31 Proyecto FEVER....85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de Comunidades energéticas existentes. 22
Tabla 2. Actores, Roles y Responsabilidades en las comunidades energéticas. 25
Tabla 3. Mecanismo de toma de decisiones en las comunidades energéticas. 32
Tabla 4. Nuevo modelo de gobernanza para comunidades energéticas. 33
Tabla 5. Ubicación de dispositivos en zonas SGAM 42
Tabla 6. Capas SGAM 43
Tabla 7. Referentes Arquitectura comunidades 45
Tabla 8. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo I. 46
Tabla 9. Modelo de gobernanza para Modelo I. 47
Tabla 10. Actores CE Tipo I 50
Tabla 11. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo II. 51
Tabla 12. Modelo de gobernanza para Modelo II. 52
Tabla 13. Actores CE Tipo II 55
Tabla 14. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo III. 56
Tabla 15. Modelo de gobernanza para Modelo III. 57
Tabla 16. Actores CE Tipo III 62
Tabla 17. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo IV. 63
Tabla 18. Modelo de gobernanza para Modelo II. 64
Tabla 19. Actores CE Tipo IV 68
Tabla 20. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo V. 69
Tabla 21. Modelo de gobernanza para Modelo II. 70
Tabla 22. Actores CE Tipo V 74
Tabla 23. Análisis comparativo comunidades energéticas 74

1. MODELO DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

Las comunidades energéticas (CE) se plantean como una herramienta mediante la cual, las personas pueden unirse para impulsar iniciativas que promuevan la transición energética, hacia un modelo renovable y sostenible, tanto desde el punto de vista ambiental, como social. Son un modo de organización entre personas para poder plantear proyectos de generación de energías renovables, gestión eficiente de la energía, ahorro en los consumos o servicios de asesoría. En esta sección se propone una clasificación o tipos de comunidades energéticas a definir para Colombia, teniendo en cuenta la información obtenida del referenciamiento internacional y la contextualización a nivel nacional.

En general, en Europa se diferencian dos tipos de CE, Comunidad Energética Renovable (CER) y Comunidad Ciudadana de Energía (CCE). Ambos tienen en cuenta ideas de participación abierta y voluntaria, autonomía, control efectivo de las personas socias que están en las proximidades de los proyectos y dar prioridad a los beneficios ambientales, sociales y económicos para sus miembros y para el territorio en que operan, frente a las ganancias financieras. En la CE participan personas vecinas de un barrio, una aldea o un municipio, así como, particulares, pequeños negocios, entidades locales como las alcaldías, etc. Lo importante es que todos estos agentes tengan el mismo peso, ya sean particulares u otro tipo de empresas u organismos, ya que el fin último de esta comunidad es que sean las personas, quienes de forma democrática impulsen los proyectos y tomen las decisiones. Por lo tanto, nos es coherente que participe una empresa que ejerza su actividad económica en el sector energético, y menos que sea quien decida los proyectos que hará la comunidad, o imponga las condiciones de participación a las personas de la misma.

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. Los diferentes modelos pueden estar clasificados como se muestra a continuación (de la Tierra, 2020; de Navarra, 2019; de São José, Faria, & Vale, 2021; Reis, Gonçalves, Lopes, & Henggeler, 2021):

En términos de las actividades: En general, las principales actividades están relacionadas con el impacto social y medioambiental que puede tener una comunidad energética, las cuales se muestran a continuación (Sacri, 2020):

- Generación de energía renovable: autoconsumo compartido y plantas de generación colectivas.
- Distribución de la energía: gestión y mantenimiento de cableado, transformadores, etc.
- Suministro de energía: a través de la compra conjunta de energía 100% renovable en el mercado mayorista de electricidad.
- Intercambio de energía entre particulares “peer to peer”.
- Agregación de energía: ofrece servicios de flexibilidad y balance de la red al operador del sistema (REE) y las distribuidoras.
- Almacenamiento compartido de energía.
- Prestación de servicios de gestión eficiente de la energía a vecinos, comercios e industria local.
- Prestación de servicios de recarga para vehículos eléctricos.

En términos de la estructura legal o jurídica: El primer elemento relacionado con la estructura legal implica que las CE funcionan de manera democrática. 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).

- Cooperativa: El objetivo principal es el beneficio de sus miembros. Su participación es libre y voluntaria. Reciben beneficio por la energía generada. En la toma de decisiones y asignación de beneficios considera la tenencia de un voto por cada miembro. Pueden exigir a sus miembros capacitaciones y beneficios para mantenerse en la cooperativa. La cooperativa trae beneficios a sus miembros únicamente.
- Asociaciones: Los individuos pueden decidir trabajar juntos para establecer una sociedad legal. con el objetivo de aportar energía a una comunidad. Las sociedades limitadas, anónimas o comanditas son algunos de los ejemplos a usar. Las primeras tienen la desventaja que limita el número de miembros, la segunda quizás la forma jurídica de alto interés, en la cual, se ofrecen acciones en su capital social al

público en general. En las asociaciones, los socios individuales poseen acciones en la propiedad de la comunidad. A diferencia de una cooperativa, el poder de voto es proporcional a la participación de cada individuo en la empresa. El objetivo clave de una asociación es generar beneficios para el accionista, además de cualquier otro beneficio del proyecto. Las empresas asociadas tampoco dependen en gran medida de los voluntarios.

- Fideicomisos: Es una entidad legal como una mini corporación, con un fideicomisario que posee dinero o propiedad en beneficio de otra persona o grupo de personas, llamado beneficiario. Los fideicomisos utilizan los rendimientos de las inversiones en proyectos comunitarios para fines locales específicos. Estos beneficios también se comparten con personas que no pueden invertir directamente en proyectos.
- Fundaciones: son organizaciones benéficas cuyo objetivo es proporcionar un beneficio social en lugar de una ganancia. Estas formas permiten que comunidades enteras se beneficien, incluso los individuos que no pueden participar. Son organizaciones independientes, pero pueden trabajar en colaboración con otras entidades. Se diferencian de las cooperativas en que estas devuelven una parte de los beneficios a la comunidad del lugar donde opera. Es decir, deben generar beneficios más allá de las suscripciones, que pueden provenir de una comunidad de intereses dispersa en términos geográficos. Como tal, las fundaciones pueden ofrecer ayudas para el desarrollo local, que pueden ir desde medidas de gestión eficiente de la energía hasta becas escolares.
- Sociedades público-privadas: Las autoridades locales pueden celebrar acuerdos con grupos de ciudadanos y empresas con el fin de garantizar el suministro de energía y otros beneficios para una comunidad.
- Empresas de servicios públicos: Las empresas de servicios públicos están a cargo de los municipios, que invierten en administrar la empresa en nombre de los contribuyentes y ciudadanos. Es la forma menos común, pero pueden ser adecuadas en zonas rurales o aisladas.
- Organizaciones comunitarias: Conformadas por un grupo particular de integrantes de una comunidad, por ejemplo, las Juntas de Acción Comunal, Juntas administradoras locales, copropietarios de una unidad residencial, comunidad indígena.

En términos de objetivos y misión, teniendo en cuenta que el fin principal de la comunidad energética es generar beneficios sociales y medioambientales en el entorno donde desarrolla su actividad, se debe hablar de modelos de sostenibilidad y no de rentabilidad. Así, la infraestructura energética comunitaria se puede ejecutar en una organización sin fines de lucro, cuya base es proporcionar energía barata o con descuento para la comunidad, o puede funcionar como una empresa con fines de lucro para generar ingresos adicionales en un área. Alternativamente, un esquema de CE también puede ser establecido por un grupo de empresarios locales que buscan diversificar sus ingresos beneficiando a la comunidad.

En términos del modelo de mercado: la comunidad energética puede:

- 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.

La siguiente tabla resume las categorías de comunidades energéticas que existen actualmente en función de los elementos previos especificados:

Tabla 1. Categorías de Comunidades energéticas existentes.
Fuente: Adaptado de(Binod Prasad Koirala, Elta Koliou, Jonas Friege, Rudi A. Hakvoort, & Paulien M. Herder, 2016; Vladimir Z. Gjorgievski, Snezana Cundeva, & George E. Georghiou, 2021)

Características	Clasificación
Localización y objetivo	• Único/ Multi usos • Zona de influencia/ No zona influencia (urbano y rural)
Organización	• Centralizada • Descentralizada • Distribuida
Actividad	• Gestión energética • Generación local, almacenamiento y respuesta de la demanda • Auto consumo y prosumidor • Intercambio y trading

Características	Clasificación
Entidad legal	• Cooperativa • Sociedades limitadas • Fideicomisos y fundaciones. • Asociaciones de vivienda (Asambleas de copropietarios, junta acción comunal, junta administradora local) • Empresas de propiedad de consumidores sin fines de lucro. • Asociaciones Público-Privadas • Empresa de servicios públicos
Red de energía	• Conectado a la red/Fuera de la red • Red en asociación de vivienda • Cruzando la red de la asociación de vivienda • Comunidad de energía distribuida.
Escala	• Gran/Macro: ciudad, región • Medio/meso: vecindario, barrio • Pequeño/micro: usuario, edificio

Además, un modelo de comunidad energética debería incluir al menos dos de los siguientes elementos (IRENA, 2020)

- **Estructura de propiedad**. Los miembros de la comunidad deben poseer parte o la totalidad del proyecto energético.
- **Nivel de gobernanza democrática**. Control del negocio a través de procesos de votación. La toma de decisiones del proyecto recae mayoritariamente sobre los miembros de la comunidad.
- **Distribución comunitaria de beneficios**. la mayoría de los beneficios sociales y económicos son distribuidos localmente (por ejemplo, trabajos creados localmente, energía suministrada a la comunidad, ganancias compartido entre los participantes individuales del esquema comunitario).

En este sentido, y teniendo en cuenta los variados elementos descritos previamente, se proponen cinco modelos de CE que pueden involucrar CER y/o CCE:

i. **CE Básica o tipo I.** Este modelo de comunidad energética involucra la asociación de usuarios con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables. Es un modelo de comunidad que pretende acercar a las personas al apropiamiento del conocimiento en torno a la autogestión del consumo de energía. En este modelo de CE cualquier grupo de personas, instituciones, empresas entre otros, ubicados o no en una misma zona, pueden hacer parte.
Es importante considerar que en este tipo de comunidad no existe ningún tipo de transacciones económicas de energía y no manipulan ningún tipo de recursos energéticos más que el conocimiento que se tiene de estos.
Las comunidades energéticas tipo I están en capacidad de asesorar en temas energéticos y ser difusores de la información relacionada. Pueden o no constituirse como entidades con personería jurídica como cooperativas o simplemente como grupos impulsores de conciencia energética. Además, pueden impulsar proyectos de generación, distribución y comercialización al interior de su organización y en el momento que esto ocurra, se transformarían en uno de los otros tipos de CE según sea el caso.

ii. **CE tipo II:** Es el modelo de CE más simple de aquellos que involucran la manipulación 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 piscina, escuela, 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 haya autogeneración.

iii. **CE tipo III:** 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.

iv. **CE tipo IV**: 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 sostenible, autogeneración, proyectos de gestión eficiente de la energía, P2P, energía transactiva.

v. **CE Avanzada o tipo V**: 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.

Cualquiera que sea el modelo de comunidad energética que se desarrolle, se recomienda que cada comunidad debe tener presente (Tounquet, De Vos, Abada, Kielichowska, & Klessmann, 2019):

- Definir reglas claras donde los participantes de la comunidad energética puedan participar en la creación y toma de decisiones de las reglas y políticas, de tal manera que resulte en un proceso de toma de decisiones de forma colectiva, abierta y democrática. Estas reglas deben incluir:
  - Reglas sobre el control del capital de la comunidad y cómo compartir los beneficios.
  - Normas de seguimiento y control de los activos energéticos compartidos.
  - Reglas sobre el seguimiento de las reglas establecidas.
  - Reglas sobre cómo sancionar a los participantes de la comunidad energética que no cumplen con las reglas.
- La comunidad debe estar en equilibrio con las legislaciones y regulaciones existentes, donde las autoridades de niveles superiores reconocen el derecho al autogobierno de las comunidades energéticas.
- Establecer campañas continuas de comunicación, donde se preste atención al estado de las comunidades energéticas, su estructura organizativa y planes de futuro. La campaña es también la oportunidad de educar y brindar oportunidades de capacitación a sus miembros.
- Si la comunidad es muy grande, se recomienda organizarla con empresas anidadas, a nivel local y regional.

1.1. Actores, roles y responsabilidades

Las comunidades energéticas involucran múltiples actores, que se distinguen entre cuatro sectores distintos: (1) El estado, (2) el mercado de energía, (3) la comunidad y (4) el sector terciario. Este último es un sector intermedio a los otros tres. En cada uno de estos sectores, hay una variedad de roles de actores relevantes. Cuando hablamos sobre "el estado", por ejemplo, no se trata sólo del papel del "gobierno", sino también del papel de los ciudadanos y las organizaciones como sujetos de la ley y como partidarios políticos. Adoptar una perspectiva de múltiples actores para observar los fenómenos de la energía comunitaria significa que se reconoce la multiplicidad de roles de los actores involucrados en el desarrollo y (auto-)gobernanza de la energía comunitaria (Avelin et al., 2014).

A continuación, para cada uno de los modelos propuestos de comunidad energética, se listan los actores involucrados, se definen los roles y las responsabilidades de cada uno. Un actor en una comunidad energética puede ser una persona física (o un hogar), una escuela o universidad, una organización no gubernamental, una empresa de servicios públicos, una empresa cuya área principal de actividad económica no esté relacionada con la energía, una autoridad local, un municipio, etc. Los roles asumidos por estos actores, sin embargo, dependen de las condiciones locales y de los objetivos de la comunidad energética. Los actores puede ser propietaria de los recursos, pueden tener o desarrollar relaciones y puede también asumir uno o más roles específicos para participar en transacciones energéticas o de toma de decisiones dentro de la CE e interactuar con otros actores. La Figura 1 muestra los roles básicos de los actores en una CE.

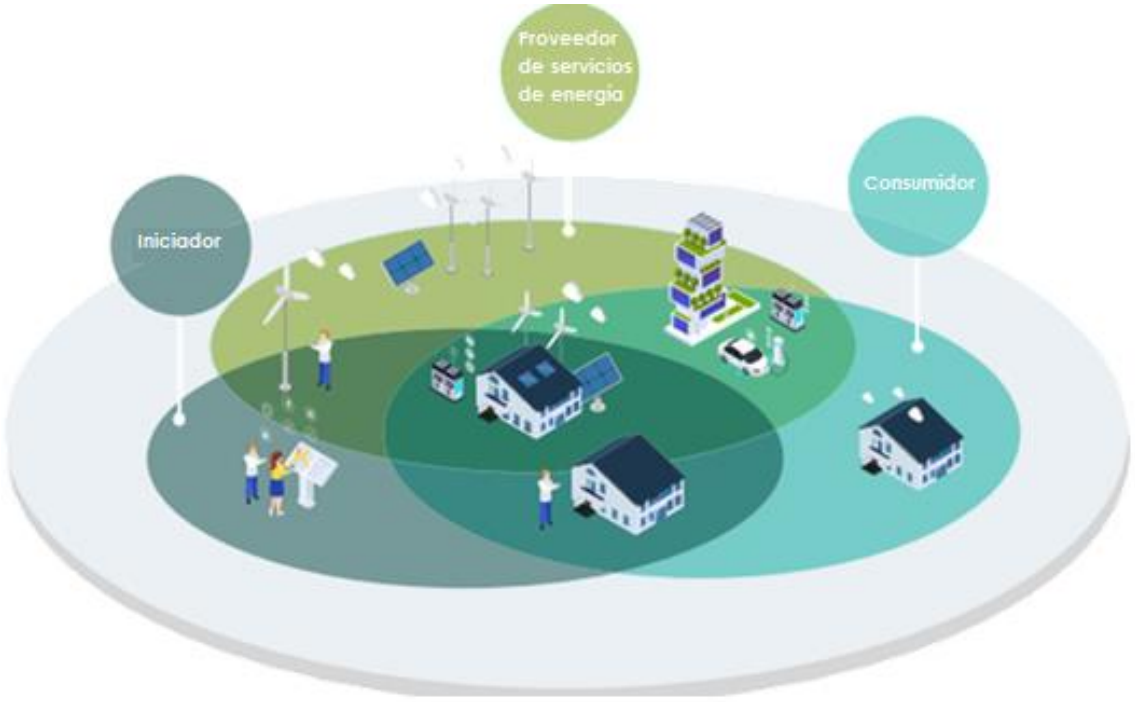


Figura 1. Actores en una CE.
Fuente: Tomado de (Vladimir Z. Gjorgievski et al., 2021)

Estos roles evolucionan y están más estructurados en la medida en la que la comunidad se hace más compleja. A continuación, en la Tabla 2 se presentan los diferentes actores, el rol que desempeña y las responsabilidades que pueden tener al interior de una comunidad energética.

Tabla 2. Actores, Roles y Responsabilidades en las comunidades energéticas.
Fuente: Elaboración propia partir de (Avelin et al., 2014; Binod Prasad Koirala et al., 2016; Chrysanthopoulos, Papadaskalopoulos, & Strbac, 2021; de São José et al., 2021)

Actores	Roles	Responsabilidades
Estado	Entidades gubernamentales	• Simplificar las leyes y / o proporcionar mejor información y educación sobre las leyes • Cambio de actitud: enfoque de la CE como una oportunidad para nuevas y mejoradas regulaciones • Distinguir entre las necesidades de apoyo del mercado, el sector terciario o las comunidades
	Ciudadanos y organizaciones (sujeto a leyes)	• Reconocer la necesidad de burocracia y regulaciones. • Entablar un diálogo constructivo sobre cómo mejorar las regulaciones • Participar en un debate político sobre la energía, a través del cabildeo, la votación y el debate público
Mercado	Empresarios, bancos, inversores financieros	• Desarrollar servicios complementarios para iniciativas de CE • Abordar la CE como una plataforma que representa los intereses de los consumidores de energía o "prosumidores"
	Consumidores y "prosumidores	• Articular su demanda colectiva de energía local y sostenible • Apoyar iniciativas comunitarias de energía • Desafiar a las empresas de energía establecidas (por ejemplo, cambiando de proveedor de energía)

Actores	Roles	Responsabilidades
	Emprendedores sociales en las CE	• Posicionarse en el mercado energético a través de nuevos modelos de negocio • Proporcionar propuestas claras a los miembros (futuros), articulando el interés económico propio • Diseñar una "estrategia de mercado" basada en la investigación de mercado interdisciplinaria • "Licitadores públicos" / "clientes públicos" (es decir, gobierno) • Adquirir energía sostenible y participativa • Revisar los modelos de negocio de acuerdos energéticos públicos y colectivos
Comunidad	Iniciadores: Son los actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario. Miembros de CE	• Incentivar acciones para cumplir las metas de la CE. • Proponer proyectos para crecimiento de la CE. • Estar preparado para momentos de fatiga voluntaria y procesos de formalización • Buscar información y apoyo de personas y organizaciones con experiencia
	Profesionales de apoyo a la comunidad (del gobierno, empresas y ONG)	• Desarrollar con la comunidad y / o apoyo lo que ha sido desarrollado por la comunidad, en lugar de desarrollar para la comunidad
Sector terciario	Profesionales sin fines de lucro	• Proporcionar plataformas para que los iniciadores de la energía comunitaria se unan • Proporcionar estructuras de apoyo para mediar en los desafíos legales, financieros y sociopolíticos • Actuar como intermediario entre el estado, el mercado y la comunidad
	Investigadores, profesores, artistas, escritores, voluntarios, activistas, consultores. Miembro o no de la comunidad que presta servicios de asesoría y consultoría al interior de la comunidad y fuera de ella.	• Informar a la opinión pública, compartiendo información, narrativas e imágenes sobre la CE • Desarrollo, incluyendo la reflexión crítica y constructiva • Utilizar enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios para la CE • "Financiadores" (del gobierno, empresas y ONG) • Garantizar el apoyo legal y financiero y las oportunidades para las organizaciones del tercer sector • Proporcionar asesoría para el desarrollo de programas y proyectos a beneficio de la CE • Desarrollar iniciativas de CE a otras CE
Consumidor o Usuario final de energía	Miembro de la comunidad o no, que es consumidor de la energía producida por la CE y transportada a través de la red propiedad o no de esta. Los consumidores pueden recibir ayudas de instituciones financieras y gobiernos locales y/o se pueden asociar con empresas locales que tienen los recursos.	• Hacer uso adecuado de la energía que consume. • Pagar de forma oportuna el costo de la energía consumida. • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones. • Reportar incidentes en la recepción de la energía. • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo.
Prosumidor	El usuario final o grupo de usuarios que consume, almacena, autogenera, participa en la flexibilidad o gestión eficiente de la energía. Tipos: residencial, empresarial, Industrial, Comunitario	• Operar y velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a la red, almacenarlo o compartirlo con otro miembro de la comunidad • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía
Productor o generador de energía	Es la entidad o miembro de CE que produce energía	• Consumir individualmente la energía generada • Vender o intercambiar excedentes de energía generado localmente con otro usuario o con la red • Velar por la operación segura del sistema de generación local. • Invertir en la producción local de energía

Actores	Roles	Responsabilidades
Proveedor de energía	Es la entidad que compra la electricidad a los productores y la vende a los usuarios finales.	• Adquirir la energía de los productores locales. • Abastecer energía cuando hay déficit de esta • Gestionar el sistema local de energía. • Suministrar electricidad, gas y calor, • Facturar los servicios de energía • Procurar un sistema de energía flexible.
Agregador	Es la entidad que agrega una serie de usuarios finales y entidades que poseen o están directamente conectados a los recursos a nivel de distribución, como prosumidores, productores o cualquier combinación de ellos.	• Brindar servicios a la red • Superar las restricciones de participación a través de mecanismos de agregación de usuarios. • Establecer acuerdos contractuales con usuarios conectados directamente a los recursos de distribución (almacenamiento, generación distribuida, control de cargas, entre otros).
Operador de sistema de distribución- DSO	Responsable de gestionar activamente las redes locales y las conexiones de red. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Asegurar la operación segura e independiente de la red. • Planificar la distribución de la energía a través de la red. • Velar con que haya un tratamiento no discriminatorio para cualquiera que se conecte y transporte energía eléctrica a través de la red. • Velar por la calidad y estabilidad en el suministro de energía al usuario final. • Facilitar el intercambio de energía entre los miembros de la comunidad energética, a través de la red. • Proporcionar la información adecuada a la Comunidad energética. • Mantener una colaboración estrecha con la CE para contribuir a que la participación de los usuarios sea cada vez mayor. • Definir el esquema tarifario para la energía. • Recolectar ofertas de mercado y liquidar. • Recibir y responder a los requerimientos de conexión. • Coordinar el mercado a nivel local. • Servir de vínculo entre los generadores, el sistema de transmisión, y los usuarios finales.
Operador del Sistema de transmisión- TSO	Responsable del transporte de energía y el balance del sistema. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Garantizar la circulación de energía en la red • Garantizar el balance en la red de suministro y demanda.
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética.	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía
Agente facturador	Encargado de general los cobros del consumo energía	• Generar la facturación del consumo de energía por parte del usuario final
Trader	Es la entidad que puede representar grandes volúmenes de energía en los mercados mayoristas y lograr un mejor posicionamiento y reducción de costos no energéticos.	• Supervisar los mercados • Gestionar el riesgo de fluctuaciones en los precios de la energía ofreciendo decisiones minuto a minuto • Ofrecer capitalización de movimientos de precios y explotación de oportunidades de arbitraje.
Hogares/ empresas	Una vivienda donde habitan una o varias personas quien genera y/o consume la energía	• Generar energía renovable • Vender el excedente de energía generado • Comprar cuando se presenta déficit • Consumir energía • Pagar las inversiones • Gestionar la energía de manera eficiente

Actores	Roles	Responsabilidades
Asamblea comunitaria/La comunidad	Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en si	• Proporcionar plataforma integrada de intercambio de energía • Contabilizar y facturar la energía suministrada a los miembros • Ser consumidores de la energía producida. • Velar por la recolección de facturación por prestación del servicio de energía • Flexibilizar la participación de los miembros • Reducir emisiones • Reducir la dependencia energética • Mejorar la seguridad en el suministro energético • Invertir en proyectos energéticos • Asumir el papel de DSO cuando se convierte en responsable de la gestión y el mantenimiento de su propia microrred • Cuando actúa como agregador, puede vender la flexibilidad agregada proporcionada por el despacho de generación, cargas controlables y sistemas de almacenamiento de energía en los mercados mayoristas de energía o al DSO • Crear herramientas y material de aprendizaje para ayudar a los "principiantes" - personas interesadas en lanzar una comunidad energética: mejores prácticas, documentos y manuales sobre cómo elegir el modelo de negocio adecuado, financiación, gestión, partes interesadas y democracia energética.
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad
Compañías proveedoras de tecnología y servicios de energía	Proveedores de servicios de energía, tecnología y equipos a la CE y otros involucrados en el intercambio de energía.	• Ofrecer servicios adicionales como gestión eficiente de la energía • Ofrecer servicios de reacondicionamiento energético de edificaciones • Proveer tecnología para la generación local de energía. • Proveer tecnología para gestión eficiente de la energía. • Proveer tecnología para la gestión de los sistemas de energía.
Inversionista	Aporta los recursos económicos. Puede ser o no parte de la CE. Pueden ser personas naturales o entidades públicas o privadas.	• Tener disponibles los recursos para el desarrollo de los proyectos
Empresas prestadoras de servicios públicos	Se ocupa de la prestación de un servicio relacionado con la energía, como la generación, distribución, almacenamiento y suministro de energía o productos básicos relacionados con la energía, y otros servicios energéticos como la gestión eficiente de la energía, construcción. remodelación, instalación y mantenimiento de equipos o agregación.	• Propiciar actividades para mejorar la gestión eficiente de la energía • Financiar, suministrar e instalar equipos eficientes energéticamente • Rehabilitar edificaciones en busca de mejor manejo de la energía • Gestión de los sistemas de generación local • Todas las actividades relacionadas con la optimización de perfiles energéticos individuales y / o comunitarios en respuesta a señales como precios dinámicos y/o la disponibilidad de renovables (generadas localmente).

Actores	Roles	Responsabilidades
Entidades locales/Alcaldías	Es la entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones. Los proyectos que diseñan y realizan las comunidades energéticas también contribuyen a objetivos estratégicos de la política local y regional como gestión eficiente de la energía, reducción de pobreza energética, permitir que la comunidad sea más activa e impulsar el desarrollo económico del lugar.	• Adoptar normas y reglamentos locales para favorecer la energía en las CE. • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a la energía comunitaria. • Facilitar el dialogo entre actores de CE. • Proporcionar recursos para financiación de proyectos de CE. • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo. • Compartir personal y recursos locales con las CE. • Favorecer la compra de energía renovable de CE. • Hacer parte de una CE • Contratar energía 100% renovable. • Promover energía renovable en instalaciones publicas

En general, en todo tipo de comunidad energética puede hacer parte individuos o entidades, del tipo residencial o industrial, que se encuentran tanto de zona urbana como rural, y dependiendo del modelo de CE, pueden o no pertenecer a una misma zona geográfica. En la siguiente figura se muestra como los diferentes actores en las CE y las relaciones que pueden presentar con los recursos energéticos distribuidos.

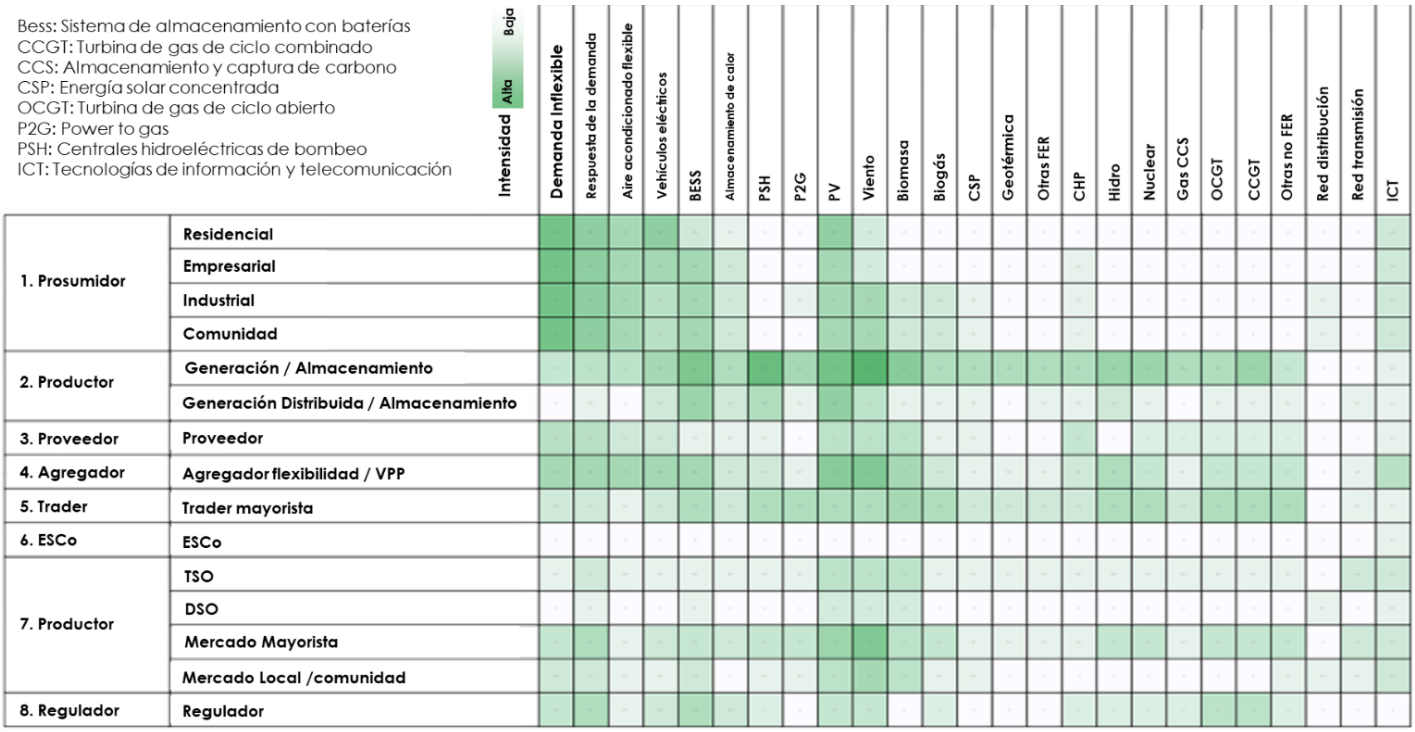


Figura 2. Relación actores con los DER
Fuente: Tomado de(Chrysanthopoulos et al., 2021)

1.2. Esquema de gobernanza

Entender el concepto de gobernanza energética requiere conocer la naturaleza y la magnitud del ámbito energético y quién es el responsable de tomar las decisiones. De esta manera, la gobernanza energética se define como la manera en que los diferentes actores de la comunidad energética participan en la toma de decisiones energéticas de la misma.

El esquema de gobernanza del sistema energético actual es un esquema lineal de arriba hacia abajo (Administración centralizada), que involucra a las entidades que producen la energía, las que la transportan, las que la venden, las que coordinan a todas las anteriores, las que establecen las políticas generales, las que hacen las normas para entregar productos de buena calidad a un precio razonable y las que vigilan que todos cumplan las normas existentes, como se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Esquema de gobernanza sistema energético actual.
Tomado de(“Estructura del Sector | CREG,” n.d.)

El desarrollo de una CE desafía gobiernos y empresas tradicionales, al igual que las comunidades ya que en estas los ciudadanos pueden autogestionarse sus propios sistemas de energía. Considerando la complejidad de la infraestructura de energía, es muy difícil imaginar que los ciudadanos puedan gestionar todo el sistema energético (incluida la producción, el suministro, la distribución y el mantenimiento). En resumen, la gobernanza, en el contexto de los sistemas energéticos comunitarios, se refiere a un alto grado de participación de la población local en la planificación, la puesta en marcha y potencial ejecución del proyecto de energía y al reparto colectivo de beneficios.

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.

De forma más explícita, la gestión de la energía de las CE evoluciona hacia un enfoque de gobernanza multinivel y de co-evolución, donde las interacciones entre los diferentes actores se podrían agrupar en cuatro niveles como se muestran en la Figura 4.

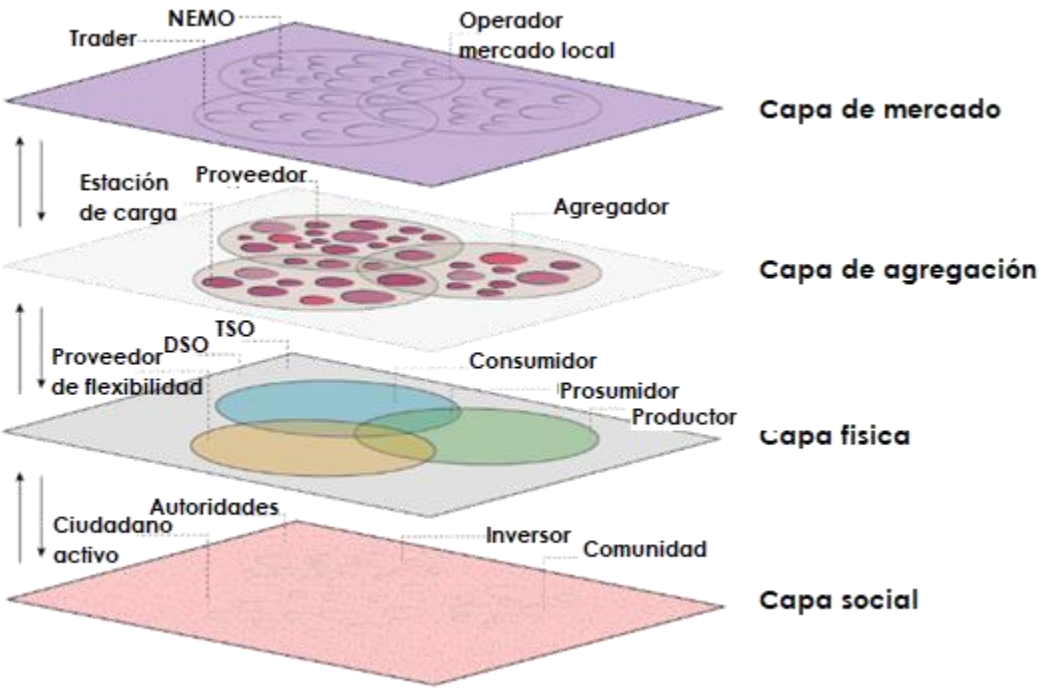


Figura 4. Interacción de los actores al interior de las CE.
Fuente: Tomado de (Chrysanthopoulos et al., 2021)

De acuerdo con la Figura 4, además de las interacciones verticales entre niveles, al interior de cada nivel, se establecen, complejas interacciones entre los actores del centro, la periferia interior y la periferia exterior, que en efecto lo convierte en un complejo esquema de gobernanza multinivel. También es importante reconocer que, para los actores con rol de establecer políticas públicas, las iniciativas de arriba hacia abajo facilitan los proyectos comunitarios de energía renovable y ayudan a impulsar transformaciones más amplias del sistema, sin perder de vista que la propiedad de las fuentes de energía es de la comunidad que produce y gestiona la misma. A medida que modelo de CE se hace más complejo, la gobernanza requiere involucrar 4 puntos centrales:

- **La planificación urbana.** Definir el tipo de CE que se quiere desarrollar, hacer un diagnóstico y definir prioridades. Definir la visión, de tal manera que se garanticen que las decisiones se tomen en torno a un objetivo claro, así como el orden de prioridades. El centro del plan y toma de decisiones gira en torno de la comunidad.
- **La colaboración.** La transformación en torno a la energía no es responsabilidad únicamente de las entidades gubernamentales o de unos pocos. Es tarea de todos los actores involucrados. Debe haber comunicación entre ellos y procurar también por la interdependencia, lo que implica no solo interconexión si no también participación entre CE. Si algo sale bien, se replica. Es importante la participación de los organismos estatales. La colaboración es imprescindible.
- **Apertura y transparencia.**
- **Nuevos modelos de negocio.** Formatos comerciales novedosos y nuevas formas de administrar y entender las comunidades. Innovar en como consumimos energía, lo que está relacionado de forma directa con la tecnología.

Para complementar el esquema de gobernanza para cada modelo, a continuación, se listan las principales decisiones que son tomadas al interior de una CE, teniendo en cuenta las actividades de la CE según se trate de prácticas de política nacional y/o local, prácticas comerciales, o prácticas de gestión de la energía (Verkade & Höffken, 2019):

a. Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.
b. Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.
c. Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.

d. Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
e. Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).
f. Definir la estructura legal de la comunidad.
g. Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía
h. Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad.
i. Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
j. Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.
k. Seleccionar los DER y mecanismos adicionales para cumplir con los objetivos definidos al constituir la CE.
l. Definir el sistema transaccional de energía entre los miembros de la comunidad (según se describe en sección 1.3)
m. Definir el esquema de facturación para energía generada y transada entre miembros de la comunidad.
n. Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.
o. Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.
p. Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.
q. Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.
r. Gestionar los recursos para el correcto funcionamiento de la comunidad
s. Proponer proyectos de inversión en energías para beneficio de la comunidad.
t. Proporcionar servicios de consultoría externa para conformación de otras comunidades.
u. Que mecanismos de control y seguimiento deben ser implementados a los procesos al interior de la comunidad.
v. Definir los costos de los servicios energéticos proporcionados.
w. Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE
x. Definir la información que debe ser entregada a los miembros de la CE.
y. Apoyar a nuevas comunidades energéticas.

La toma de decisiones se desarrolla en varios niveles de decisión organizacional de acuerdo con la estructura organizacional: estratégico, táctico y operativo. Las decisiones estratégicas son de responsabilidad de la alta dirección, son elecciones cuyo impacto es de largo alcance para garantizar el cumplimiento de las metas, objetivos y la estrategia institucional. En la Tabla 3 se presenta la manera como se tomas las decisiones en las comunidades energéticas en función con el tipo de estructura organizacional de la misma (Reis et al., 2021).

Tabla 3. Mecanismo de toma de decisiones en las comunidades energéticas.
Fuente: Elaboración propia

Configuración legal	Mecanismo
Agrupación comunitaria tipo JAC, JAL.	Requiere la participación democrática de los miembros en el proceso decisorio, en especial para fijar las prioridades de gastos y asegurar un reparto equitativo y convenido de los costos y beneficios de los servicios. La decisión se toma por votación democrática, un miembro, un voto.
Comunidades de propietarios.	Para decisiones complejas, las decisiones se tomas por votación de todos los miembros, la asamblea. El voto de cada propietario equivaldrá al porcentaje del coeficiente de copropiedad del respectivo bien privado. En la toma de decisiones es importante la presencia de un quórum del al menos 70% de los coeficientes de la propiedad que estas resulten válidas. La reunión de la asamblea deberá hacerse con el menos el 50% del total de coeficientes presentes. Otras decisiones son tomadas por el Consejo de administración elegido por la Asamblea, quien desempeña el papel de facilitador, desempeñando un papel en la gobernanza, participando y representando a los inquilinos. Consejo de Administración deliberará y decidirá válidamente con la presencia y votos de la mayoría de sus miembros, con independencia de los coeficientes de copropiedad.
Cooperativa (Coomeva, 2019)	Los sistemas de gobernanza de las cooperativas son muy heterogéneos, y se basa en tres propiedades: 1. Humanismo: Las personas son el centro, 2. Propiedad y control conjunto: los asociados ejercen su derecho de control sobre todas las decisiones de la entidad y 3. Democracia (autogobierno): las normas de gobierno son definidas, revisadas regularmente y conocidas por todos los asociados. Implica la creación de relaciones de lealtad entre la cooperativa y sus asociados, basadas en la confianza y la comunicación transparente. Deben existir sistemas de control (auditoría

Configuración legal	Mecanismo
	interna) y rendición de cuentas por parte de la junta administradora. Definir reglas para garantizar los compromisos (multas económicas para quien incumpla). Se tienen en cuenta los 7 factores estructurales de la gobernanza cooperativa que son: 1. Autonomía e independencia. Limites los pone los estatutos. 2. Participación abierta y voluntaria. 3. Control democrático: un miembro, un voto. 4. Educación para la asociatividad. 5. Participación económica de los miembros. 6. Cooperación entre cooperativas. 7. Preocupación por la comunidad.
Sociedades o empresas, limitadas, anónimas o comanditas.	Los miembros son denominados socios y la toma de decisiones se hace por votación de cada miembro. El peso de cada voto está determinado por la participación que cada individuo tiene en la sociedad. La autonomía de una EC de este tipo respecto de los accionistas individuales debe sustentarse en el principio de que ningún accionista posee una participación de control, es decir, por regla general, más de un tercio de las acciones. En el caso de la limitada se limita el número de integrantes que conforman la CE.
Fideicomiso de desarrollo o negocio(Rutauno, n.d.)	Es un mecanismo en el cual el Fideicomitente, le encomienda un bien o parte de el al Fiduciario en un tiempo y contexto fijado para gestión de los mismos velando por la administración para entregar beneficios a los beneficiarios. La gestión y administración se cede al fiduciario, que puede ser una mini corporación, es un mecanismo consensual y bilateral. Este está bajo la vigilancia de un Comité de fiscalización, Vigilancia y Supervisión integrado por representantes de los Fideicomitentes, el fiduciario y una persona defensora de los habitantes. El fideicomiso está gobernado por una junta de directores compuestos por miembros de la CE, miembros del Fiduciario y un presidente independiente.
Fundaciones y entidades sin ánimo de lucro	Puede ser necesaria una declaración de misión o unos estatutos. Estas organizaciones no se mueven por las ganancias o las tienen como algo secundario. Los beneficios solo se pueden utilizar para fines que no respondan a intereses privados y no se pueden distribuir, de manera directa ni indirecta, a las personas fundadoras, socias, consejeras u otras. Los socias e integrantes del consejo supervisor constituyen la asamblea general de las asociaciones. Son independientes, pero pueden trabajar en colaboración con otras organizaciones. Son parecidas a las cooperativas en cuanto a que la toma de decisiones se realiza de forma democrática, en donde cada miembro tiene derecho a un voto, pero se diferencia de estas en que parte de los beneficios se debe devolver a la comunidad del lugar donde se ubica la fundación, independiente si los beneficiados hacen parte o no de la CE.
Asociaciones o alianzas público-privadas- APP	En estas sociedades, los aportes de capital están conformados por la nación, entidades territoriales o entidades descentralizadas y entidades privadas y se rigen por reglas de código de comercio. Las autoridades locales pueden decidir celebrar acuerdos con los ciudadanos, grupos y empresas con el fin de garantizar el suministro de energía y otros beneficios para una comunidad. En la gobernanza se presentan dos niveles, el primero relacionado con el marco legal fundamental y el segundo las unidades u organizaciones implementadas por las APP. La CE estaría en el segundo nivel.
Empresas de servicios públicos	Las CE con esta estructura, no son comunes, pero pueden ser particularmente adecuadas para zonas rurales o aislada. Pueden ser de naturaleza privada, pública o mixta. La actuación de estas está regida por las siguientes reglas: • No pueden otorgar ni aceptar subsidios o privilegios distintos a los otorgados por ley. • Administración ajena a intereses partidistas, teniendo en cuenta las necesidades de desarrollo del servicio. • Fijar sus criterios propios de administración • Crear comité de desarrollo y control

En general, para todas las configuraciones anteriores, la gobernanza se puede unificar para las comunidades energéticas, de acuerdo con la Tabla 4.

Tabla 4. Nuevo modelo de gobernanza para comunidades energéticas.
Fuente: Adaptado de (Lowitzsch, Hoicka, & Van Tulder, 2020)

Criterio	Descripción
Tipo de miembros/Elegibilidad	Abierto a todo tipo de personas naturales y jurídicas: • Personas naturales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Autoridades locales, incluidos municipios Decisión democrática, un miembro un voto o proporcional a la participación del miembro en la CE.

Criterio	Descripción
Propósito principal	• Prioriza los beneficios ambientales, económicos o sociales para la comunidad, sus accionistas/miembros y/o para las áreas locales donde opera, con respecto a los beneficios financieros. • Participación voluntaria abierta a todos los miembros potenciales basada en criterios no discriminatorios.
Propiedad y control	• Es autónomo (Para el caso de participaciones, ningún accionista individual puede poseer más del 33% de las acciones) • Limita el control efectivo de la gestión energética a sus miembros o accionistas locales como principales beneficiarios. • Las actividades diarias de la CE se pueden gestionar a través de juntas o consejos directivos (Elegidos democráticamente en la asamblea general, donde los vecinos, socios y/o los municipios están representados), también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). • Las decisiones sobre inversiones y en el caso de CE sin ánimo de lucro, la distribución de los rendimientos se realiza en la asamblea normalmente cada (pueden invertidas en la comunidad donde se ubica y/o miembros). • Decisiones respecto a nuevos proyectos deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo. • Limitación para accionistas del tipo empresas micro y pequeño cuya actividad principal sea la energía.

1.3. Esquema transaccional

Para el adecuado funcionamiento de las comunidades energéticas es necesario disponer de esquemas transaccionales de energía, que permitan la incorporación de esquemas de control descentralizados y que habiliten plataformas distribuidas para el intercambio de servicios energéticos en las cuales se habiliten nuevos mercados energéticos, agentes y servicios, centrados en la participación activa del usuario final y el autoconsumo.

Los modelos o esquemas transaccionales describen la forma en la que se pueden utilizar transacciones en flujos de mensajes e información para llevar a cabo tareas y conseguir resultados determinados. 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.
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 fortaleciendo 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 5. Se trata de un modelo de capas y bloques que comprenden los elementos, actores y relaciones generales que componen el esquema transaccional.

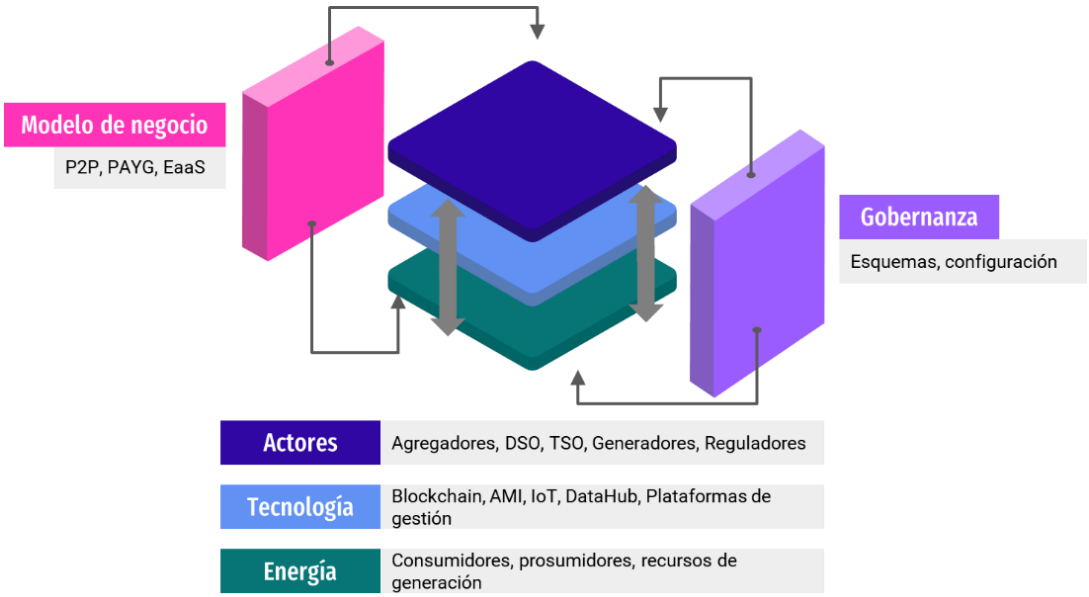


Figura 5. Esquema transaccional general para Comunidades Energéticas
Fuente Elaboración propia.

- **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.

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. 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. Se encuentra que hay algunos modelos de negocios y esquemas tecnológicos fundamentales para las CE:

Modelos de negocios: a continuación, se describen modelos como el P2P, agregador, *EaaS*, y PAYG.

- **P2P:** Es una modalidad de negocio de energía, se refiere al comercio de energía directo entre prosumidores y consumidores. Es un enfoque innovador que no requiere una parte intermedia para la asignación, venta y contabilidad de energía entre estas partes. Este acuerdo horizontal entre estos pares se diferencia con las estructuras verticales tradicionales del sector eléctrico. El concepto de comercio P2P no está necesariamente restringido a las comunidades energéticas y sus participantes; en la Figura 6 se muestra una arquitectura general de este modelo de comercio de energía.

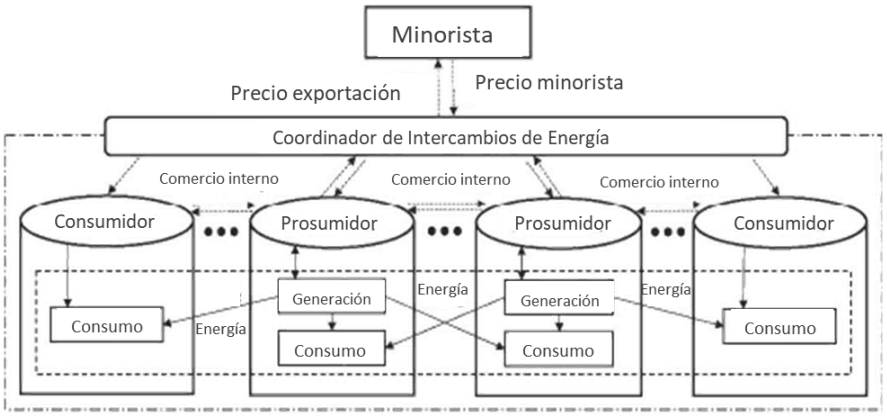


Figura 6. Modelo de intercambio P2P
Fuente: Tomada de (Stephan Cejka, Ksenia Poplavskaya, Carolin Monsberger, 2021)

- **Agregador**: Es un agente emergente en el sector energético que facilita la participación de activos flexibles de demanda, generación y almacenamiento distribuido en los distintos mercados eléctricos; habilita la participación activa del consumidor porque brinda conocimientos y herramientas necesarias para acceder al mercado. El agregador reúne varias cargas individuales de consumo flexible a corto plazo para comercializarlas en bloque, formulando ofertas de subidas o bajadas del consumo eléctrico garantizando un ahorro energético a las empresas o consumidores.

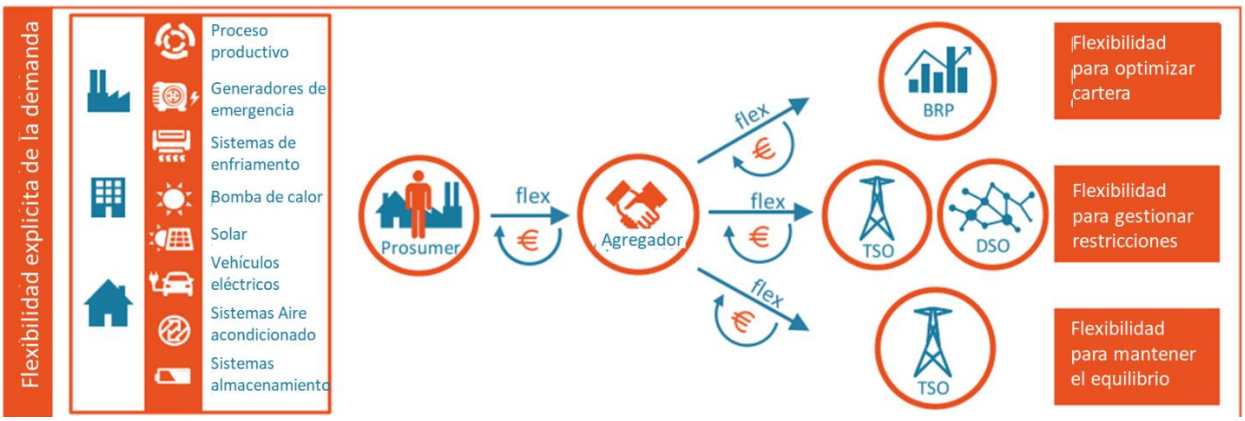


Figura 7. Agregadores, cadena de flexibilidad
Fuente: Tomada de l(USEF Foundation, 2017)

- **EaaS (*Energy as a Service*)**: Es un modelo de negocio innovador mediante el cual un proveedor de servicios, ya sean empresas de servicios públicos tradicionales o prestadores de servicios de TIC, ofrece diversos servicios en lugar de solo suministrar electricidad, por ejemplo, asesoramiento energético, instalación de activos, financiación y soluciones de gestión energética. Con este enfoque, en lugar de cobrar por la cantidad de energía que usa el cliente final, se le ofrece una suscripción con un monto fijo. Así, se pone en el centro del negocio al cliente, proporcionando una serie de opciones a elegir.

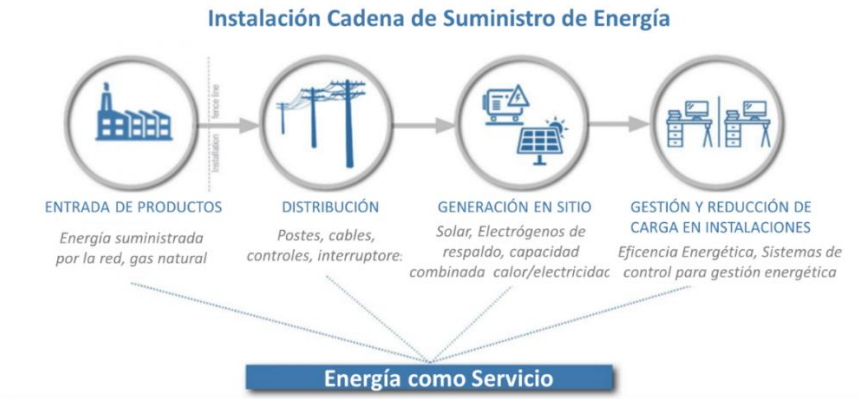


Figura 8. Agregadores, cadena de flexibilidad
Fuente: Tomada de [1]

- **Pago por uso (PAYG)**: por sus siglas en inglés *Pay as You Go*. En este modelo de negocio permite el acceso a la energía generada a partir de fuentes de energía renovables a un precio asequible con pagos facilitados por tecnologías disponible en estas áreas. El uso generalizado de pagos a través de dispositivos móviles y la disminución de los costos de la energía renovable, junto con un mayor conocimiento de estas tecnologías han sido impulsores clave en la implementación de este modelo de negocio.

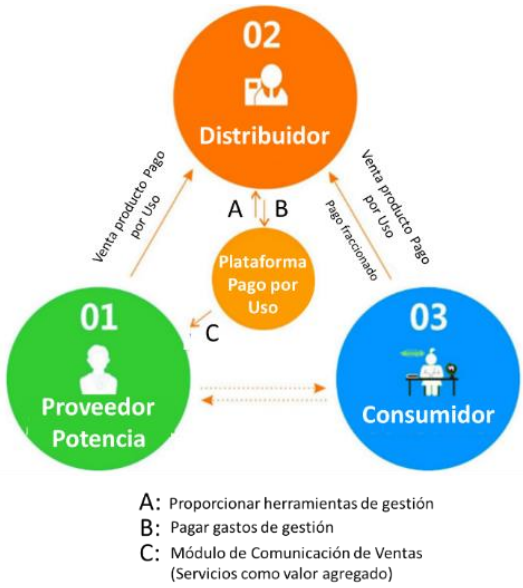


Figura 9. Esquema PAYG
Fuente: Tomada de [2]

Esquemas tecnológicos: A continuación, se muestran esquemas como el blockchain, y tokens.

- **Blockchain:** Es una tecnología que habilita las transacciones directas entre pares, sin intermediarios. La innovación radica en que las transacciones ya no se almacenan en una base de datos central, sino que se distribuye entre las computadoras participantes que almacenan datos localmente.

[1] https://samenews.org/piloting-energy-as-a-service/
[2] https://www.power-solution.net.cn/es/what-is-pay-as-you-gopayg-or-paygo-solar/

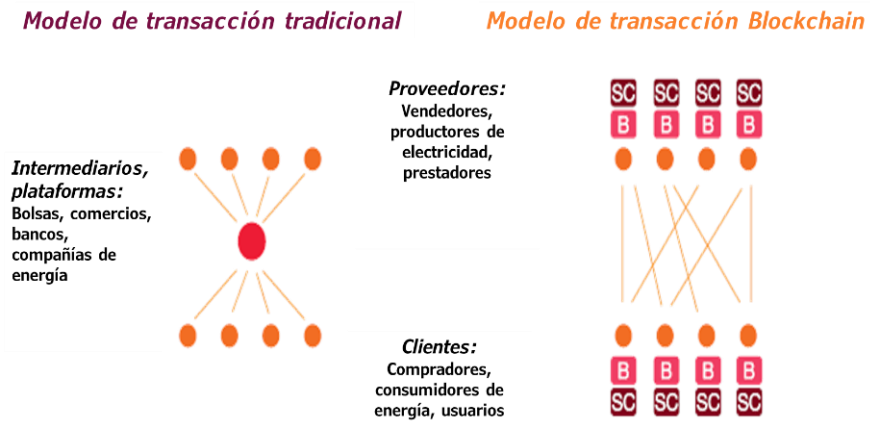


Figura 10. Modelo transaccional de Blockchain
Fuente: Tomada de(Stephan Cejka, Ksenia Poplavskaya, Carolin Monsberger, 2021)

La tecnología Blockchain hace posible que en las redes de energía se involucren Contratos Inteligentes; estos le dan señales al sistema de cuándo iniciar qué tipo de transacciones. Esto se basa en reglas predefinidas, diseñadas para garantizar que toda la energía disponible y los sistemas de almacenamiento se controlen automáticamente para equilibrar la oferta y la demanda. Por ejemplo, cada vez que se genera más energía de la necesaria, los contratos inteligentes podrían usarse para asegurarse de que este exceso de energía sea entregado en almacenamiento automáticamente. Por el contrario, la energía almacenada se puede usar solo si la energía generada es insuficiente. De este modo La tecnología blockchain podría controlar directamente los flujos de la red. Los contratos inteligentes también pueden utilizarse para gestionar el equilibrio de plantas de energía virtual.

- **Tokens:** Puede considerarse como una unidad de calor emitida por una organización para gobernar sus modelos de negocio, permitiendo interactuar con los usuarios y distribuir las ganancias entre todos los accionistas. Su uso se apoya en la tecnología blockchain. Un ejemplo de aplicación de estos se da en la cadena de valor de la electricidad en donde los tokens permiten intercambios entre plataformas y mercados, digitalizando la interacción de los agentes en una red digital de energía. Por ejemplo, pueden generarse tokens a un cliente que ahorra energía, estos le servirían para usarse en otros servicios energéticos como recargas de EVS o comprar y vender energía.[3]

Con base en todos los modelos de negocios y esquemas tecnológicos presentados, es posible plantear nuevos esquemas transaccionales que permitan conceptualizar desde el inicio los tipos de CE presentados para Colombia.

1.3.1. Referentes existentes

A continuación, se presentan los esquemas propuestos e implementados por CE existentes y que pueden ser tomados como referencia. Es importante resaltar que muchas de las comunidades energéticas se han centrado en la puesta en marcha del piloto correspondiente y en la literatura hay poca disponibilidad sobre la conceptualización de los esquemas transaccionales. Algunos casos se centran principalmente en el modelo de negocios y en otros se presentan algunos intercambios transaccionales y algunos flujos de información.

La Comunidad Solar EIA permite los intercambios de energía entre de viviendas de bajo consumo, viviendas de alto consumo, prosumidores de alto consumo y un centro comunitario mediante una microrred virtual en la que los usuarios residenciales se conectan a un alimentador de baja tensión. Dos de estos usuarios prestan su techo para la instalación de generación solar fotovoltaica, la energía se reparte entre todos los usuarios; esto se realiza con apoyo de la plataforma de intercambio de energía NEU. También existe un comercializador de energía al que los usuarios le pagan por sus servicios y le venden sus excedentes de energía, este comercializador, a su vez, puede vender sus excedentes a clientes no regulados externos a la comunidad. Como respaldo en caso de la autogeneración de la comunidad no supla totalmente la demanda, existe una interconexión con el Sistema Interconectado Nacional. Las transacciones de energía entre los usuarios, el comercializador y el SIN puede realizarse en dinero o con tokens. Todo el esquema anterior se representa en la Figura 11.

[3] https://www.eia.edu.co/tokens-energia/

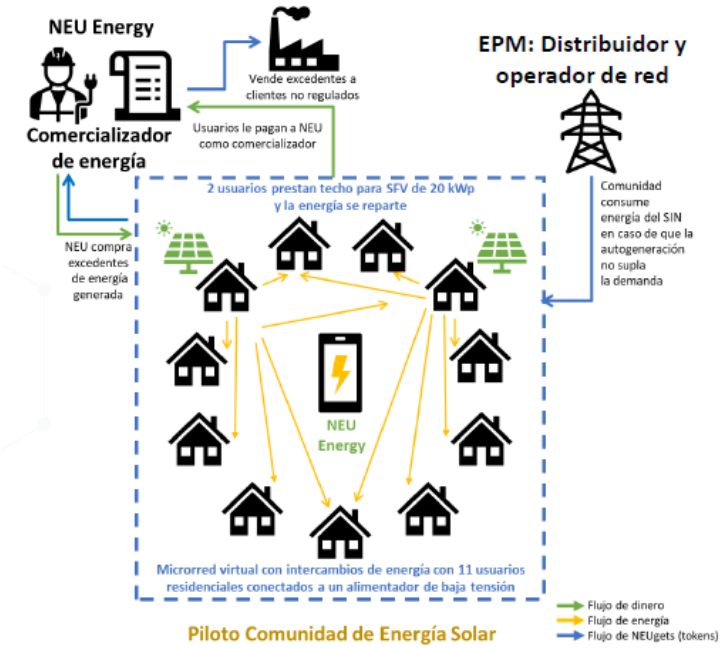


Figura 11. Esquema transaccional Comunidad EIA
Fuente: Tomado de Comunidades de energía solar EIA (Lawrence, 2020)

El proyecto Quartierstrom (Suiza) creó un mercado energético del tipo P2P basado en tecnología *blockchain* que gestiona el intercambio y la remuneración de la electricidad entre consumidores, prosumidores y el proveedor de red local en ausencia de intermediarios. Para esto cuenta con una infraestructura que almacena las transacciones del mercado P2P, una aplicación de mercado que se ejecuta en blockchain para realizar una doble subasta iterativa que determina los precios para la energía solar producida localmente y una interfaz de usuario a través de la que interactúan los hogares para obtener información sobre sus consumos de energía en tiempo real y para definir el valor que están dispuestos a pagar por la energía.

Figura 12. Esquema transaccional de Comunidades de Quartierstrom (Suiza)
Fuente: Tomado de (The Quartierstrom project, 2020)

El proyecto FEVER de la Comunidad Europea que promueve la flexibilidad de los recursos energéticos distribuídos, establece el diagrama de caso de uso de las comunidades energéticas, de acuerdo al Lenguaje de Modelado Unificado (UML). De esta forma se establece un piloto para el intercambio automatizado de flexibilidades energéticas de calor y electricidad en mercados comunitarios cerrados centrados en prosumiores. La comunidad se compone principalmente por pequeños prosumidores (como hogares) y pequeñas empresas (por ejemplo, empresas con generadores o almacenamiento), también pueden incluirse VPP si actúan como pares con los mismos derechos y obligaciones. Las políticas de gobernanza y los mecanismos de incentivos como tarifas especiales o pseudodivisas pueden hacer parte de la comunidad. La Plataforma Comercial de intercambios de Flexibilidad debe acoplarse al mercado P2P.

Esquema transaccional para LECs: es una propuesta de estructura de mercado P2P para permitir transacciones de energía entre usuarios a un precio que proporcione mejores beneficios que las actuales tarifas de alimentación. De esta manera, los consumidores se convierten en participantes activos del mercado local, teniendo la posibilidad de aprovechar su excedente de electricidad sin verse limitados por los minoristas. La comunidad local está compuesta por prosumidores, cada uno de ellos con un sistema de baterías fotovoltaicas que también está programado en el proceso de optimización. Los miembros de la comunidad tienen dos posibilidades diferentes, a saber, comprar / vender electricidad a la red o realizar transacciones de energía con otros miembros de la comunidad. La optimización se utiliza para determinar el conjunto de prosumidores en cada período que realizaron transacciones P2P.

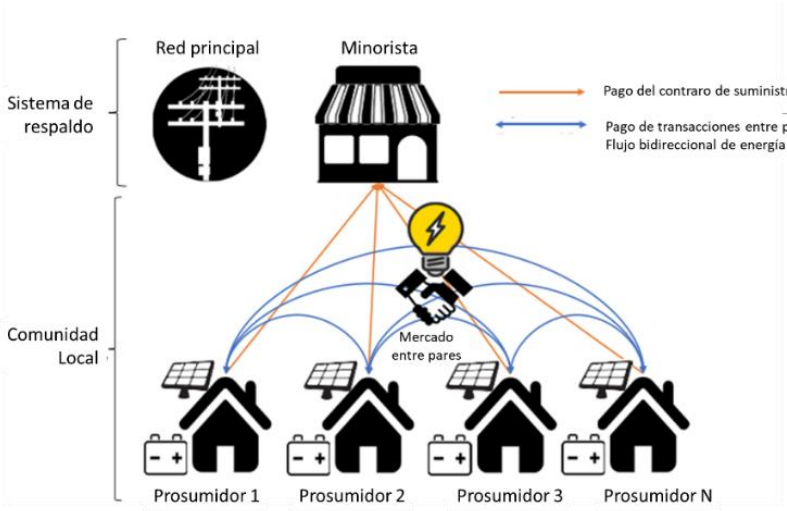


Figura 13. Esquema transaccional para LECs
Fuente: Tomada de (Faia et al., 2021)

Mecanismo Transaccional Integrado: plantea un sistema integrado de transacción de energía basado en blockchain que divide el proceso de negociación en dos etapas: la etapa de subasta de llamada y la etapa de subasta continua. Se habilitan transacciones de electricidad y de calor incluyendo todos los detalles del proceso de negociación. También se implementan contratos inteligentes de las transacciones, que son implmentadas en blockchain, para demostrar la validez del esquema.

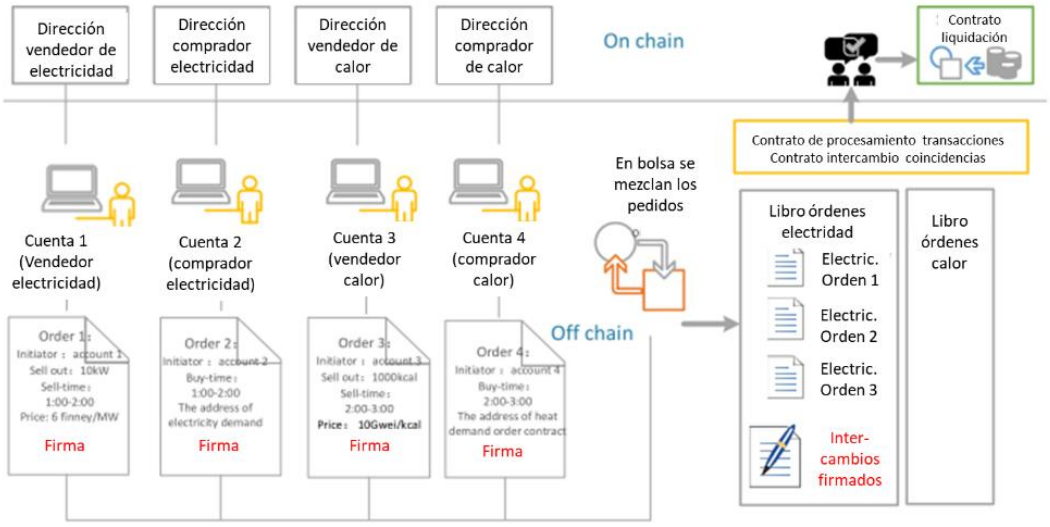


Figura 14. Mecanismo transaccional Integrado
Fuente: Tomada de(Zhao, Wang, Li, & Li, 2018)

Autoconsumo Colectivo en España: Este modelo se puede dividir en dos posibilidades, una en la que el autoconsumo permanece dentro de un único edificio de ocupación múltiple y otra en la que pueden participar los prosumidores dentro de los 500 m de una instalación o dentro de una alimentación de baja tensión. En el primera posibilidad diferentes usuarios dentro del mismo edificio comparten colectivamente la potencia de salida de una instalación de energía renovable, instalada en un área común del edificio. Hay dos tipos de usuarios: el productor y el consumidor; además, el dueño de la planta. La diferencia entre este modelo de negocio y una microrred privada, es que no hay necesidad de una empresa de energía virtual que ofrezca tarifas especiales, y no hay consumo "detrás del medidor". Cada consumidor puede seguir teniendo otro proveedor de energía. En el segundo modelo, diferentes consumidores están conectados a la instalación de energía renovable a través de la red de baja tensión. Deben estar conectados bajo la misma estación transformadora, dentro de los 500m. En estos casos, el productor deberá registrarse como productor de energías renovables, el exceso de energía tiene que venderse al mercado.

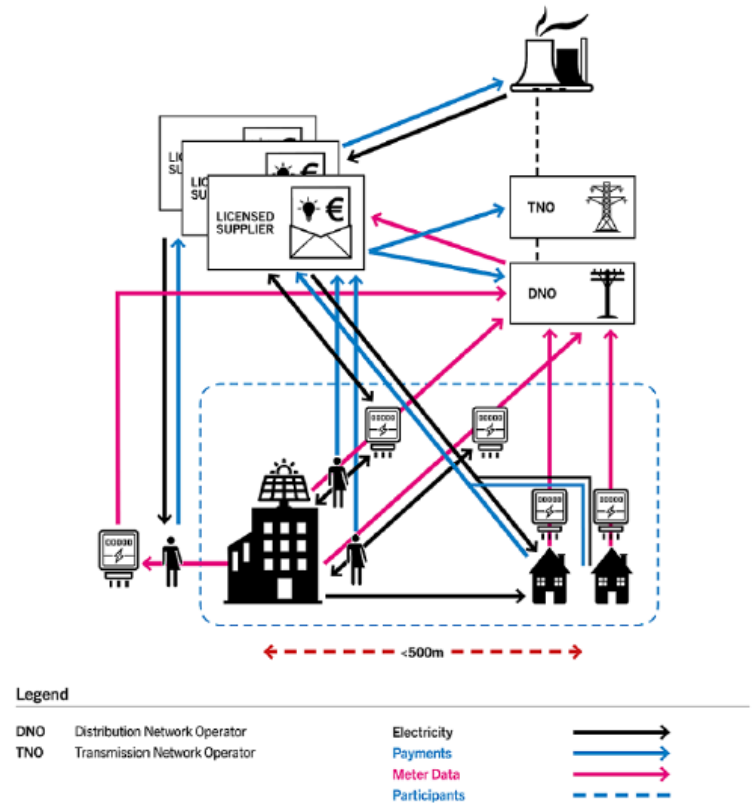


Figura 15. Esquema transaccional para Autoconsumo Colectivo en España
Fuente: Tomada de (PROSEU, 2020)

1.4. Arquitectura tecnológica

Una arquitectura tecnológica puede considerarse como un modelo conceptual que define la estructura, gobernabilidad y relaciones entre el hardware, software y datos entre otros aspectos. Especificar los requisitos del sistema basado en Smart Grids para comunidades energéticas requiere involucrar varios dominios relacionados como aspectos técnicos, mercados energéticos y gobernanza para definir cómo se interconectará el sistema e intercambiará información, especificar las funcionalidades, el comportamiento, interfaces, protocolos utilizados y modelos de datos de una manera segura y compatible con la privacidad. La arquitectura tecnológica de las comunidades energéticas se desarrollará tomando como base las metodologías de los estándares IEC 62559 y el Modelo SGAM.

Estándar IEC 62559: presenta una guía para la descripción de sistemas que deben ser desarrollados dentro de una arquitectura de referencia, Se fundamenta en el desarrollo de Casos de Uso, que pueden definirse como la descripción de las acciones que realiza un sistema o cualquier otra entidad interactuando con los actores presentes para producir un resultado observable. El estándar plantea una plantilla de caso de uso siguiendo los siguientes pasos:

1. Describir del caso de uso
2. Elaborar los diagramas del caso de uso
3. Especificar los detalles técnicos
4. Analizar paso a paso el caso de uso
5. Identificar la información que se intercambia entre actores
6. Definir los requisitos de comunicación
7. Términos y definiciones comunes

Los casos de uso pueden ser de alto nivel (HLUC) o primarios (PUC). Los primeros describen como interactúan los roles para ejecutar un proceso complejo, los segundos describen como un sistema determinado interactuar con funciones comerciales para realizar una función necesaria para habilitar procesos de alto nivel.

Modelo SGAM: La Arquitectura SGAM (*Smart Grid Architecture Model*) es un estándar unificado para el diseño de arquitectura y casos de uso de redes inteligentes. Permite una visión global del proyecto mediante el mapeo de los diferentes actores y dispositivos según sus dominios, acotados en los procesos de la cadena de valor de la energía eléctrica: Generación, Transmisión, Distribución, DER y Consumidores o Usuarios.

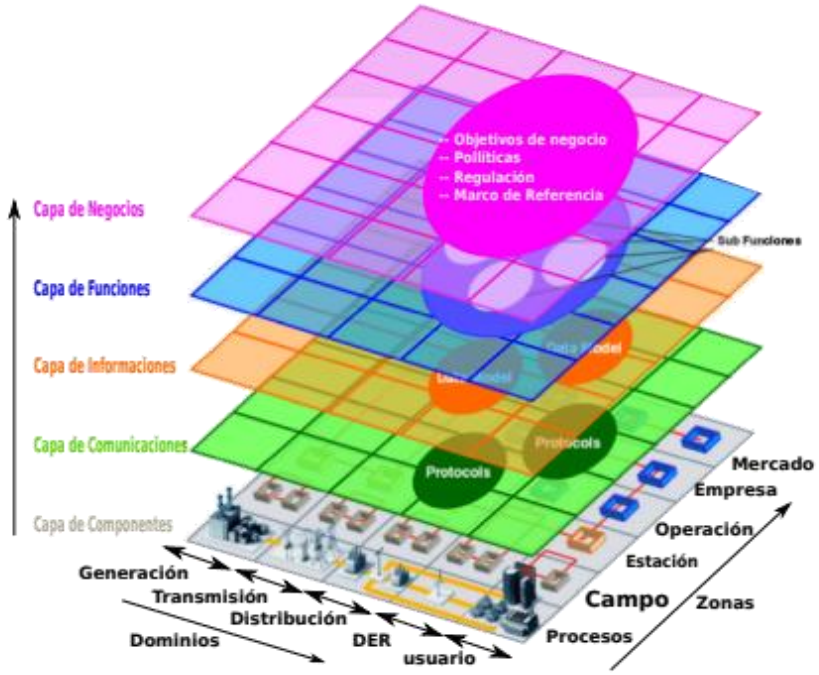


Figura 16. Arquitectura Modelo para Smart Grids (SGAM)
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

En otra dimensión aparecen los niveles jerárquicos o zonas del sistema de gestión de potencia (Proceso, Campo, Estación, Operación, Empresa y Mercado). Para ubicar los dispositivos participantes en un sistema que interactúa dentro del marco SGAM se deben tener en cuenta las descripciones dadas en la Tabla 5:

Tabla 5. Ubicación de dispositivos en zonas SGAM
Fuente: Adaptado de (Caicedo, Castillo, Morales, Echeverry, & García, 2017)

Zona	Descripción
Proceso	Transformaciones de energía (electricidad, solar, calor, agua, viento) y los equipos directamente involucrados (generadores, transformadores, líneas aéreas, cables, cargas eléctricas, sensores y actuadores conectados directamente al proceso)
Campo	Equipos de protección que controlan y monitorean el proceso de energía (relés de protección, dispositivos electrónicos inteligentes que adquieran y usen datos del proceso.

Zona	Descripción
Estación	Elementos en donde exista concentración de datos, agregación funcional, automatización de subestaciones, sistemas SCADA locales, supervisión de planta.
Operación	Sistemas de gestión de distribución (DMS), sistemas de gestión de energía (EMS), sistemas de generación y transmisión, sistemas de gestión de microrredes, EVs con sistemas de recarga.
Empresa	Procesos comerciales y organizacionales, servicios e infraestructura para empresas, gestión de activos, logística, gestión de clientes, facturación.
Mercado	Comercio de energía, mercado mayorista, mercado minorista

Las diferentes capas de interoperabilidad permiten los intercambios entre estos actores y dispositivos en diferentes aspectos, que se relacionan en Tabla 6: Negocio, Funciones, Información (datos intercambiados), Comunicación (protocolos de comunicación) y Componentes (dispositivos físicos).

Tabla 6. Capas SGAM
Fuente: Adaptado de (Caicedo et al., 2017)

Capa	Descripción
Negocio	Estructuras de regulación, económicas y políticas sobre los modelos relacionados con las empresas, las posibilidades de negocio y los agentes del mercado involucrados,
Función	Funciones y servicios que el negocio necesita.
Información	Objetos y modelos de datos de información, su uso y mecanismo de intercambio entre funciones.
Comunicación	Describe los mecanismos y protocolos para el intercambio interoperable de información entre funciones.
Componentes	Equipos del sistema de potencia, los dispositivos de protección y control de la teleoperación, la infraestructura de red (conexiones de comunicación por cable, inalámbrico, routers, switches) y cualquier tipo de computadoras.

1.4.1. Referentes existentes

A nivel mundial existen diferentes desarrollos y pilotos de comunidades energéticas, la mayoría de ellos se han centrado más en el desarrollo e implementación de los proyectos que en el desarrollo conceptual de los mismos; por esta razón los referentes que se encuentran en la literatura son limitados. Estos se relacionan a continuación. Es importante considerar que los diagramas de secuencia y los SGAM, además, los actores involucrados de los proyectos referentes se muestran en el Anexo 1:

Fish Farms LEC: Su objetivo es reagrupar las piscifactorías que operan alrededor de la costa de la isla de Grytøya en una comunidad energética local, con el objetivo de optimizar su consumo de energía y reducir su impacto en la red; también promoverá este esquema para involucrar a más granjas de peces en el área. Grytøya es una pequeña isla ubicada a 3 km de Hinnøya. la red de Grytøya está conectada a Hinnøya mediante un cable submarino. Como la capacidad del transformador en Hinnøya no es suficiente para aceptar la carga adicional que implicaría la conexión de las piscifactorías, estas se organizarán como una comunidad energética local para reducir su impacto en la red tanto en términos de potencia activa como reactiva.

La Figura 17 muestra la ubicación de las 12 granjas piscícolas, en las 8 más alejadas de Grytøya la generación de energía se realiza mediante plantas Diesel que provocan la emisión de grandes cantidades de gases de efecto invernadero. Como alternativa, los piscicultores están dispuestos a integrar fuentes de energía renovables, pero estas podrían inducir cortes en la red de energía debido a su naturaleza estocástica. La generación fotovoltaica no es una buena alternativa para evitar o anterior debido a las condiciones climáticas extremas del lugar, caracterizadas por gran cantidad de nieve y escasa luz solar en el invierno, Sin embargo, existe potencial para la generación eólica.

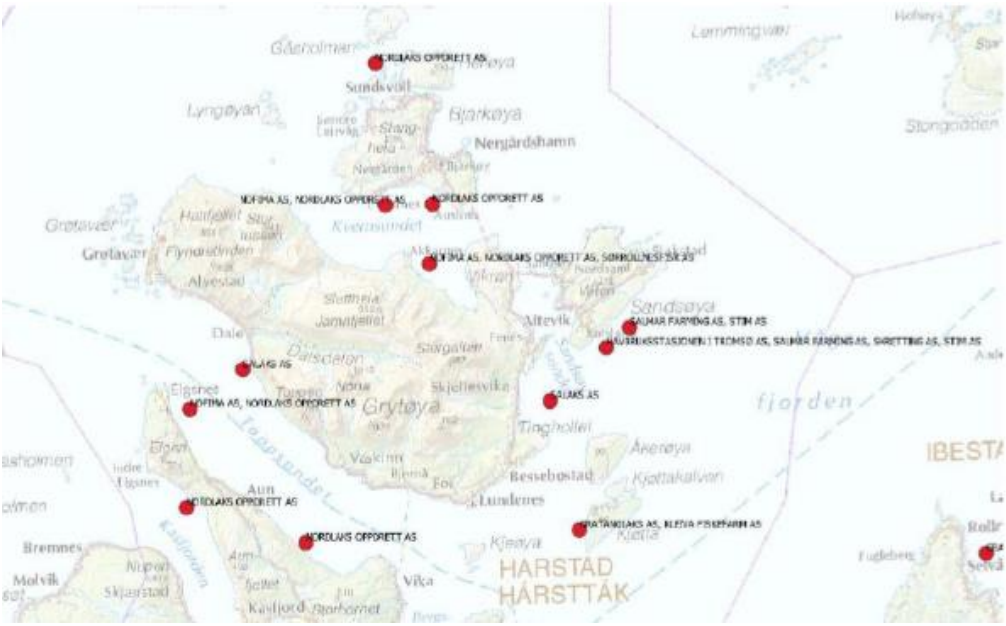


Figura 17. Ubicación de las granjas piscícolas alrededor de Grytøya
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Smart Harstad: El proyecto se desarrolla en el centro de la ciudad de Harstad, que formará una comunidad energética local reagrupando a varios prosumidores para optimizar su consumo de electricidad. Los vehículos eléctricos (EVs) municipales se unirán a este esquema, además, la red de distribución deberá supervisarse para disminuir el impacto de la carga de los EVs mientras se descarboniza la energía del transporte. Los empleados oficiales cuentan con EVs proporcionados por el municipio para su uso en horario laboral; también pueden alquilarlos a precios bajos para su uso particular en las noches. Los usuarios de los EVs deben fijar la hora de salida para garantizar la carga de las baterías y promover la flexibilidad de la carga hacia el sistema. También se debe garantizar la disponibilidad de los EVs durante los cortes de energía en la red para alimentar a la comunidad local utilizando las baterías de los EVs.

El Ayuntamiento se calienta con biomasa a través de la calefacción de distrito, lo que ayuda a reducir el uso de combustibles fósiles en la red de calor. La CE contribuirá a que este tipo de iniciativas crezcan y a que los ciudadanos se impliquen en las cuestiones energéticas.

Procida LEC: La isla de Procida se organizará como una comunidad energética local con el fin de reducir su dependencia del continente, aumentar la participación de los ciudadanos en la red energética, mejorar la eficiencia de la red y evitar la congestión y los apagones en verano. Esto serviría de incentivo para que los prosumidores individuales inviertan en generación mediante paneles fotovoltaicos.

Algunos edificios públicos también participan en este plan. También participan algunos edificios públicos que están equipados con bombas de calor y tienen un consumo de energía alto, y por lo tanto serían elegibles para proporcionar flexibilidad.

En la Tabla 7 se muestra el resumen de los referentes utilizados para la construcción de los modelos de arquitectura tecnológica en el contexto colombiano.

Tabla 7. Referentes Arquitectura comunidades
Fuente: Elaboración propia

Proyecto	Caso de Uso	Descripción	Diagrama de secuencia	Diagrama SGAM Datos	Diagrama SGAM componentes	Actores
GIFT	Fish Farms LEC	12 granjas piscícolas ubicadas en la isla de Grytøya,	Si	Si	Si	Si
	Smart Harstad LEC	Reagrupación de prosumidores en Harstad, incluyendo EVs	Si	Si	Si	Si
	Procida LEC	Comunidad que reduce la dependencia energética del continente	Si	Si	Si	Si
Fever D1.1	HLUC 15: Flexibilidad Comercial P2P	Ecosistema de prosumidores y consumidores que forman una LEC, con alto nivel de autoconsumo y que incluye a todos los vectores energéticos.	Si	No	No	No
	PUC 03: Solicitar servicios de flexibilidad	La comunicación de necesidades de flexibilidad de un consumidor debe ser directa y común a los proveedores y mercados. La flexibilidad considera un vector de energía de 5 dimensiones: cantidad, tipo (activa/reactiva), tiempo, ubicación y precio.	Si	No	No	No
	PUC 04: Ofertar servicios de flexibilidad	La flexibilidad comercial de los DER es gestionada por el EMS y el Agente Proveedor de servicios de Flexibilidad local (FSPA).	Si	No	No	No
	PUC 05: Flexibilidad comercial	La Plataforma de Comercio de Flexibilidad (FTP) es un mecanismo de subasta que permite combinar las solicitudes de flexibilidad de los consumidores con las ofertas de los proveedores.	Si	No	No	No
	PUC 32: Flexibilidad comercial P2P	La plataforma de flexibilidad comercial P2P proporciona el entorno para comercializar directamente solicitudes de flexibilidad con las ofertas teniendo en cuenta todas las dimensiones del vector de flexibilidad: energía, espacial, temporal y el precio.	Si	No	No	No

A partir del análisis de los casos referentes existentes, se define la arquitectura tecnológica para cada tipo de CE establecido para Colombia, inlcuyendo diagramas de secuencia, diagramas SGAM y relaciones de actores.

2. CARACTERIZACIÓN MODELOS DE COMUNIDAD ENERGÉTICA

A continuación, para cada modelo propuesto, se definen los elementos que configuran la manera como se agrupan los usuarios, el esquema de gobernanza, transaccional y la arquitectura tecnológica.

2.1. Modelo I

Este modelo representa la forma de comunidad energética más simple considerada dentro de las opciones propuestas para Colombia. Una comunidad energética que se configura como la asociación de usuarios que se agrupan con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables. También puede considerarse como la forma de comunidad energética previa a una que incluya la gestión del intercambio de energía autogenerada o no, entre los miembros de la comunidad.

2.1.1. Actores, roles y responsabilidades

Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, sin que pertenezcan a una misma zona geográfica. En este modelo, los actores involucrados son los siguientes:

- **Iniciador.** Son actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario. Desempeñan un papel crucial en la comunidad energética, sin él no es posible iniciar la CE. Como actores de la comunidad, los iniciadores pueden o no ser beneficiarios del servicio comunitario de energía. Los consumidores pueden actuar como iniciadores. Se pueden asociar con empresas locales para implementar el proyecto.
- **Profesionales de apoyo.** Como su nombre lo indica proporcionan apoyo al iniciador y personas de la comunidad que conforman la iniciativa de comunidad energética. Pueden hacer parte de estos entidades gubernamentales, empresas privadas y ONG.
- **La comunidad**. Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en sí. Se reúnen por iniciativa propia, de manera libre y voluntaria para discutir y poner en práctica acciones relacionadas con la gestión de la energía que consumen.
- **Empresas prestadoras de servicios públicos**. Son las que entregan los servicios energéticos a la comunidad. Favorecen el intercambio de información para que la comunidad pueda tomar conciencia de sus perfiles de consumo y los costos de los mismos.
- **Entidades gubernamentales**. Encargada de crear y velar por el cumplimiento de la legislación en torno a la energía, tanto para la comunidad como para los demás actores

En la Tabla 8 se puede observar los actores roles y responsabilidades para este modelo.

Tabla 8. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo I.
Fuente: Elaboración propia

Actores	Roles	Responsabilidades
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que la representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma. • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad
La comunidad	Son los actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario y miembros de CE	• Fomentar la cultura energética. • Transmitir conocimiento alrededor del consumo responsable de la energía • Potenciar las inversiones en proyectos energéticos • Incentivar acciones para cumplir las metas de la CE • Proponer proyectos para crecimiento de la CE • Estar preparado para momentos de fatiga voluntaria y procesos de formalización

Actores	Roles	Responsabilidades
		• Buscar información y apoyo de personas y organizaciones con experiencia
Iniciadores	Son los actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario. y miembros de CE	• Incentivar acciones para cumplir las metas de la CE. • Proponer proyectos para crecimiento de la CE. • Estar preparado para momentos de fatiga voluntaria y procesos de formalización • Buscar información y apoyo de personas y organizaciones con experiencia
Profesionales de apoyo a la comunidad (del gobierno, empresas y ONG)	Miembro o no de la comunidad que presta servicios de asesoría y consultoría al interior de la comunidad y fuera de ella	• Proporciona asesoría para el desarrollo de programas y proyectos en beneficio de la CE • Desarrollar iniciativas de CE a otras CE. • proporcionar plataformas para que los iniciadores de la energía comunitaria se unan • Proporcionar estructuras de apoyo para mediar en los desafíos legales, financieros y sociopolíticos • Actuar como intermediario entre el estado, el mercado y la comunidad • Desarrollar con la comunidad y/o apoyar lo que ha sido desarrollado por la comunidad, en lugar de desarrollar para la comunidad. • Informar a la opinión pública, compartiendo información, narrativas e imágenes sobre la CE • Desarrollo, incluida la reflexión crítica y constructiva • Utilizar enfoques interdisciplinarios y transdisciplinarios para la EC
Entidades gubernamentales	Entidad o entidades encargada de crear y velar por el cumplimiento de la legislación en torno a la energía, tanto para la comunidad como para los demás actores	• Simplificar las leyes y / o proporcionar mejor información y educación sobre las leyes • Cambio de actitud: enfoque de la CE como una oportunidad para nuevas y mejoradas regulaciones • Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía

2.1.2. Esquema de gobernanza

Para el Modelo I, la gobernanza se define teniendo en cuenta los tres elementos definidos previamente, como mostrados en la Tabla 9.

Tabla 9. Modelo de gobernanza para Modelo I.
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de usuarios	Abierto a todo tipo de personas: • Personas naturales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Organizaciones gubernamentales
Propósito principal	• Intercambio de información en torno a gestión eficiente de la energía, conciencia de consumo de energía, conciencia ambiental. • Participación voluntaria abierta a todos los miembros potenciales basada en criterios no discriminatorios.
Propiedad y control	• Es autónomo • Las actividades diarias de la CE se gestionan por los miembros de la CE, también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). • Decisiones respecto a la información y proyectos deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo.
Elegibilidad	Por ejercicio democrático, un miembro un voto.

A continuación, en la Figura 18 se presenta un esquema que explica la manera como se realiza el proceso de gobernanza al interior de este modelo de comunidad energética y de qué manera se realiza la interacción con otros actores involucrados.

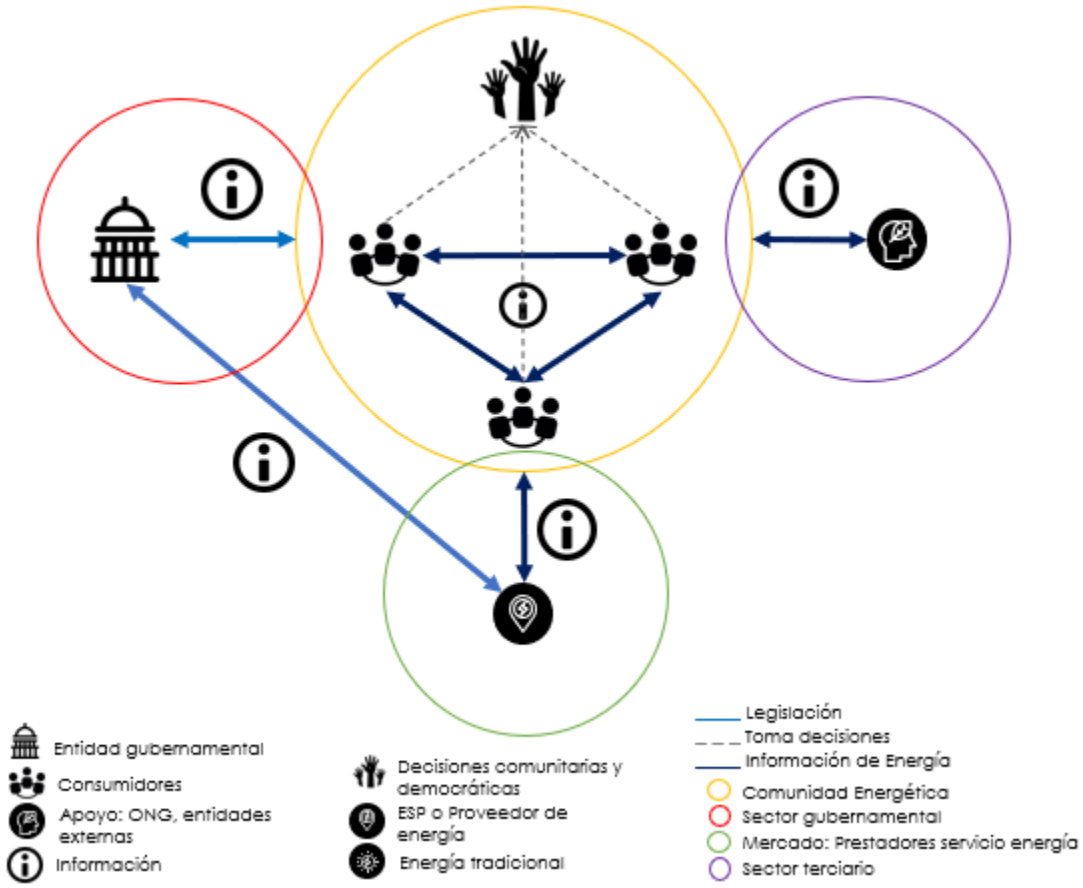


Figura 18. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo I.
Fuente: Elaboración propia

Esta figura 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. En el caso del Modelo I, 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. De forma externa, los miembros de la CE tienen interacción con actores de un llamado sector terciario, del cual hacen parte asesores técnicos y/o entidades de apoyo externo que orientan a los miembros de la comunidad a tomar las mejores decisiones, en función de los objetivos de la comunidad. A continuación, se muestran las decisiones que se pueden tomar de manera comunitaria en este modelo:
Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.

- Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.
- Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.
- Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
- Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).
- Definir la estructura legal de la comunidad (de los listados al inicio en la Sección 1).

2.1.3. Esquema transaccional

Este modelo de comunidad energética involucra la asociación de usuarios con el fin de socializar temas energéticos, aumentar la conciencia ciudadana en torno a la cultura energética y sensibilizar a la comunidad en conceptos relacionados con el consumo responsable de la energía eléctrica, la necesidad de reducir consumos y/o generar energía a partir de fuentes renovables.

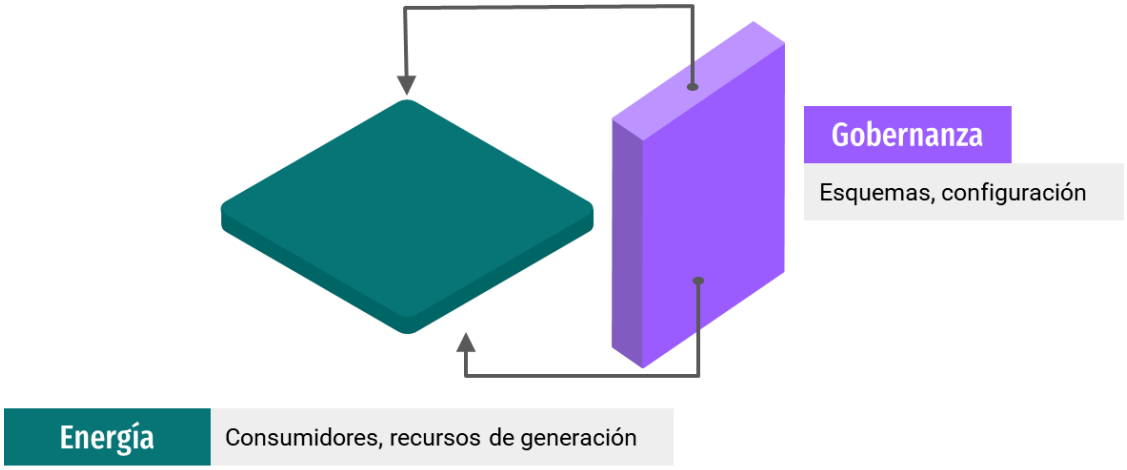


Figura 19. Esquema transaccional para CE Tipo 1
Fuente Elaboración propia.

En este caso, solo existen las capas mostradas en la Figura 19: Una agrupación de usuarios con un interés común y algún esquema simple de organización entre ellos. Aun no consideran aspectos de infraestructura tecnológica ni mercados energéticos.

El modelo de negocio de energía en esta CE es el más básico de todos: se da entre el DSO/comercializador y el cliente mediante el proceso de facturación tradicional mensual, incluso utilizando de medidores de energía convencionales.

2.1.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos

Los objetivos de esta comunidad están centrados en intercambio de conocimientos e información general en temas como: Buenas prácticas para aumento de gestión eficiente de la energía, actualización tecnológica de equipos, autogeneración. Estas lecciones aprendidas deben ser gestionadas por un actor delegado de la comunidad. A nivel tecnológico, sólo se requieren los esquemas básicos de prestación de servicio de energía.

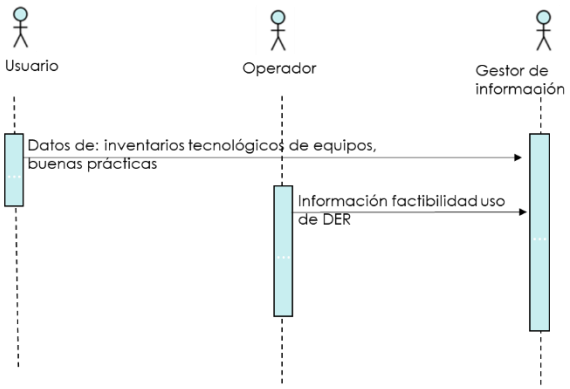


Figura 20. Diagrama de secuencia para CE Tipo 1
Fuente Elaboración propia.

El Diagrama SGAM correspondiente sólo hace referencia a la prestación del servicio visto desde los intereses de la CE.

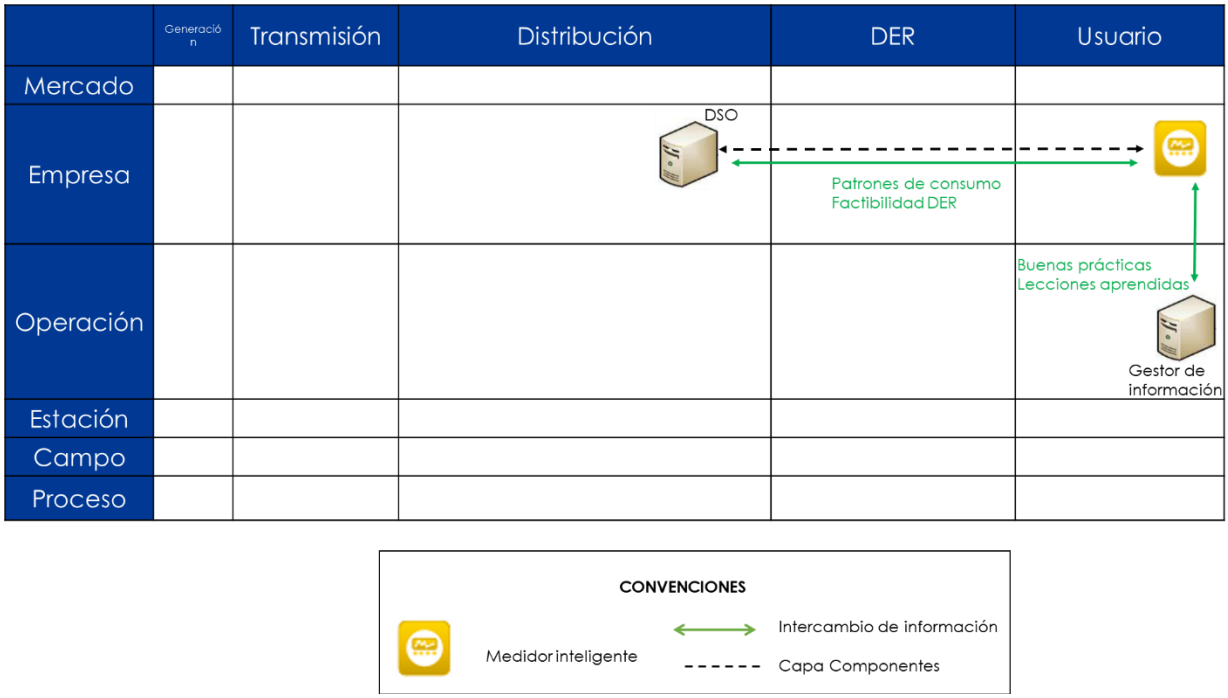


Figura 21. Diagrama SGAM para CE Tipo 1
Fuente Elaboración propia.

Los actores involucrados en esta CE son:

Tabla 10. Actores CE Tipo I
Fuente: Elaboración propia

Actor	Descripción
DSO	Prestador de servicio de energía, facilita intercambios de información de consumos. Entrega información de factibilidad de DER
Usuarios	Análisis de información de consumos, socialización y sensibilización de buenas prácticas
Gestor de Información	Almacenamiento y manejo de información

2.2. Modelo II

En este modelo, los actores donde la comunidad hace parte tienen algún tipo de comportamiento como prosumidores. Es el modelo de CE más simple de aquellos que involucran la manipulación de recursos energéticos. En forma general, es un modelo que gestiona recursos energéticos instalados en espacios comunitarios (Escuelas, zonas deportivas, hospitales, universidades, etc.) para beneficio de la comunidad de la zona donde se ubica la instalación comunitaria. El objetivo de este modelo de comunidad es el abastecimiento total (con o sin excedentes) o parcial de energía de la edificación o para cubrir alguna necesidad de un grupo de sus miembros (por ejemplo, transporte). Este modelo incluye, la instalación de sistemas de autogeneración renovables con almacenamiento, sistemas de transporte autónomos para aprovechamiento comunitario (bicicletas y vehículos eléctricos), sistemas de calentamiento, etc.

2.2.1. Actores, roles y responsabilidades

En este modelo, se pueden agrupar individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, ubicados en la misma área donde se encuentra la edificación comunitaria donde se tiene la instalación de generación o de aprovechamiento energético. En este modelo, los actores involucrados son los siguientes:

- **Iniciador.** Son actores que ponen en marcha la organización o coordinación del proyecto comunitario. Los iniciadores pueden o no ser parte de la comunidad energética.
- **Profesionales de apoyo.** Como su nombre lo indica proporcionan apoyo a la comunidad que conforman la iniciativa de comunidad energética. Pueden hacer parte de estas entidades gubernamentales, empresas privadas, ONG.
- **La comunidad**. Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en sí. Se reúnen por iniciativa propia, de manera libre y voluntaria para discutir y poner en práctica acciones relacionadas con la gestión de la energía que consumen. Al interior de la comunidad se diferencian otros actores: i) los **consumidores** de los servicios energéticos, miembros de la comunidad que es beneficiario directo del servicio energético que provee la CE desde la edificación comunitaria, ii) el **prosumidor**, la edificación comunitaria donde se genera la energía y donde también se consume, que también en caso de generar excedentes, puede compartir con otros miembros de la comunidad que no generan, iii) **El consejo o comité comunitario**, que se constituye como órgano de control y veeduría de la comunidad en su conjunto.
- **Empresas prestadoras de servicios públicos**. Son las que entregan los servicios energéticos a la comunidad. Favorecen el intercambio de información para que la comunidad pueda tomar conciencia de sus perfiles de consumo y los costos de estos.
- **Entidades gubernamentales**. Encargada de crear y velar por el cumplimiento de la legislación en torno a la energía, tanto para la comunidad como para los demás actores. Están incluidas a las entidades del orden nacional y regional.

Tabla 11. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo II.
Fuente: Elaboración propia

Actores	Roles	Responsabilidades
Consumidor o Usuario final de energía	Miembro de la CE que es consumidor del servicio energético proporcionado por la comunidad.	• Hacer uso adecuado de la energía que consume. • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones. • Reportar incidentes en la recepción de la energía. • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo.
Prosumidor	La edificación comunitaria donde se consume y genera energía.	• Operar y Velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a otra unidad comunitaria. • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía.
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma. • Establecer acuerdos de cooperación que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad. • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad.
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética.	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas. • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas. • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas. • Invertir y proporcionar subsidios para las CE. • Reducir las barreras para la configuración de CE.
Entidades locales/Alcaldías	Entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones	• Adoptar normas locales para favorecer las CE • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a CE • Facilitar el dialogo entre actores • Proporcionar recursos para financiación de proyectos • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo. • Compartir personal y recursos locales

2.2.2. Esquema de gobernanza

Para el Modelo II, la gobernanza se define teniendo en cuenta los tres elementos definidos previamente, como los mostrados en la Tabla 12.

Tabla 12. Modelo de gobernanza para Modelo II.
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de usuarios	Abierto a todo tipo de personas: • Personas naturales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Organizaciones gubernamentales
Propósito principal	• Intercambio de información en torno a gestión eficiente de la energía, conciencia de consumo de energía, conciencia ambiental. • Participación voluntaria abierta a todos los miembros potenciales basada en criterios no discriminatorios. • Gestión de DER instalados en edificios de carácter comunitario (Hospital, escuelas, municipalidades) • Obtener beneficios adicionales del tipo ambiental y social
Propiedad y control	• Es autónomo • Las actividades diarias de la CE se gestionan por los miembros de la CE, también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). • Decisiones respecto a la información, formulación de proyectos y gestión de los DER deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo. • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE. • Se constituye una comunidad energética sin ánimo de lucro.
Elegibilidad	Por ejercicio democrático, un miembro un voto.

A continuación, en la Figura 22 se presenta un esquema que explica la manera como se realiza el proceso de gobernanza al interior de este modelo de comunidad energética y de qué manera se realiza la interacción con otros actores involucrados.

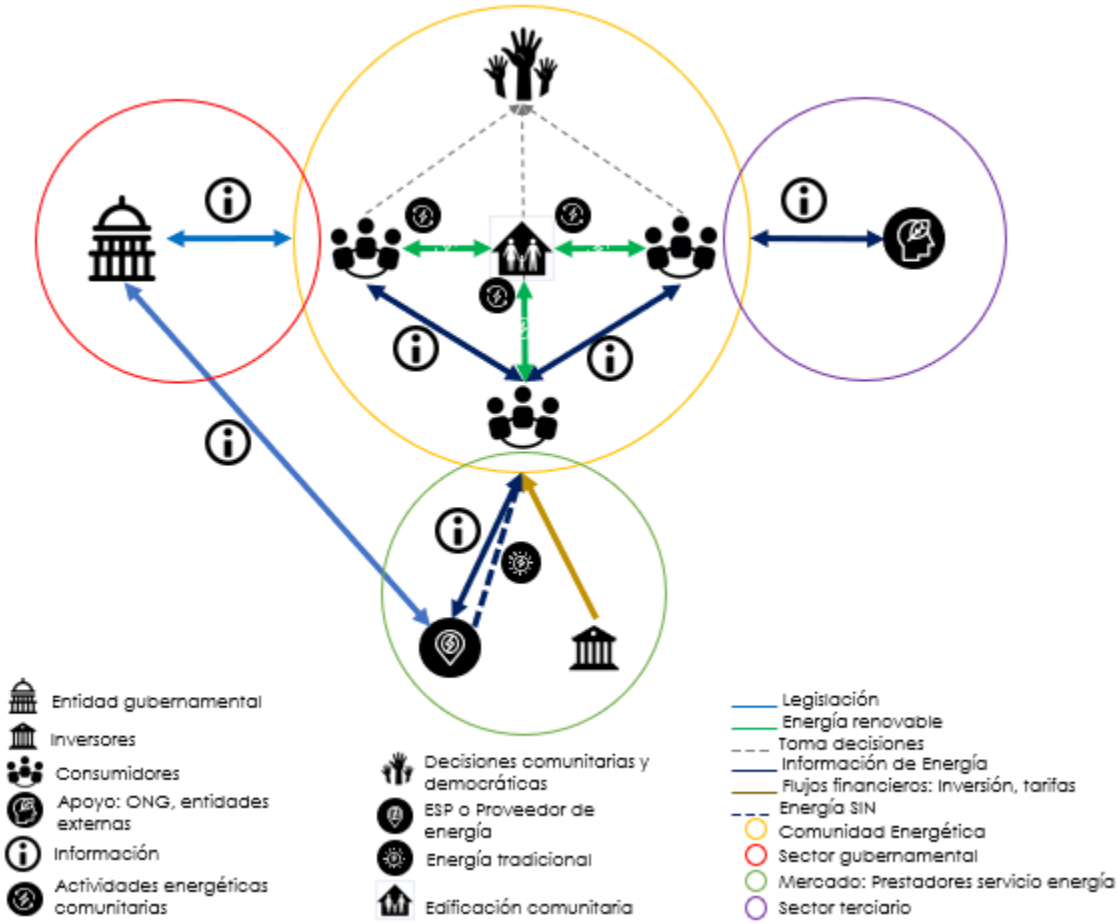


Figura 22. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo II.
Fuente: Elaboración propia

En la misma línea de interacción planteado en el modelo I, se propone el modelo II. En este aparecen nuevas líneas de toma de decisiones que deben ser tenidas en cuenta por la comunidad en este esquema de gobernanza, al igual que nuevos actores. En este modelo, al igual que para el anterior, 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, en particular los que se instalan en la edificación de tipo comunitaria alrededor de la cual se configura la comunidad energética en este modelo. Se tienen en cuenta nuevos actores dentro de los sectores comunidad y mercado. Al interior de la comunidad se integra el prosumidor, constituido por la edificación y dentro del mercado se integran los inversionistas. A continuación, se muestran las decisiones que se pueden tomar de manera comunitaria en este modelo:

- Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.
- Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.
- Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.
- Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
- Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).
- Definir la estructura legal de la comunidad (de los listados al inicio en la Sección 1).
- Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía.

- Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad.
- Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
- Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.

2.2.3. Esquema transaccional

En este modelo se usan recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida en espacios o servicios comunitarios, por ejemplo, alumbrado público, sin transferencia de energía a los usuarios particulares que hacen parte de la CE.

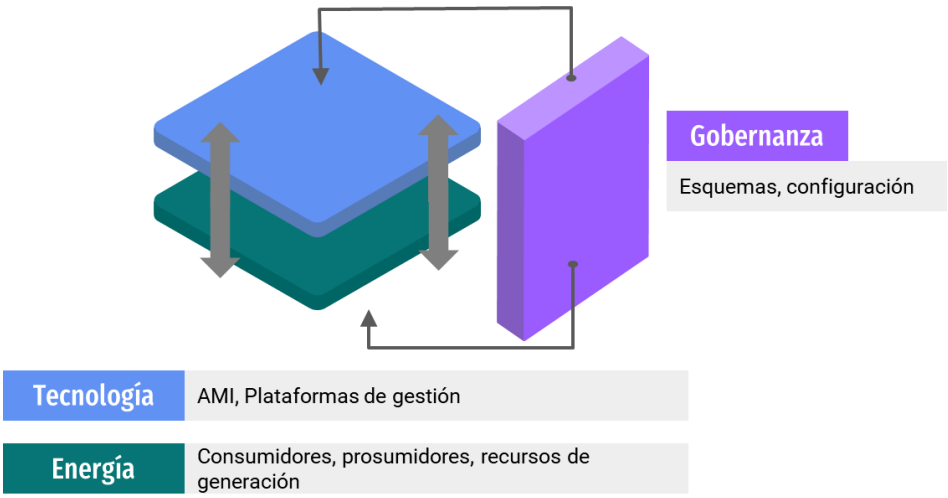


Figura 23. Esquema transaccional para CE Tipo II
Fuente Elaboración propia.

De acuerdo con la Figura 23, para esta comunidad, además de los miembros y recursos de generación, se incluyen recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas simples de gestión de información de generación y consumo de la aplicación o instalación comunitaria. No hay otro tipo de intercambios comerciales.

Las transacciones comerciales de esta CE siguen siendo de tipo simplificado entre el DSO y el cliente, de forma tradicional. El modelo de negocio de energía en esta CE es igual que el de la CE tipo I, porque a pesar de que existe más infraestructura tecnológica, no se hacen más transacciones entre los miembros de la comunidad.

2.2.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos

El objetivo de este modelo de comunidad es entonces es incluir fuentes de generación local renovables para usar esa energía en propósitos comunales. Para definir la arquitectura de esta CE, sólo se tendrá en cuenta el caso de uso ligado al objetivo principal. En la Figura 24 se muestra el diagrama de secuencia para este modelo de comunidad.

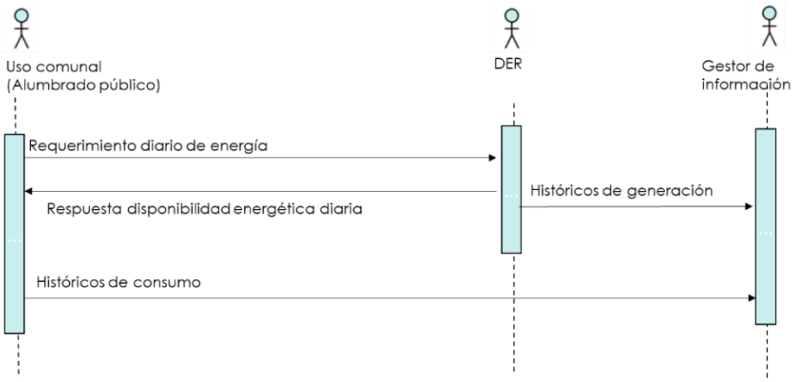


Figura 24. Diagrama de secuencia para CE Tipo II
Fuente Elaboración propia.

Para esta comunidad, además de los miembros y recursos de generación, se incluyen recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas simples de gestión de información de generación y consumo de la aplicación o instalación comunitaria, tal como se muestra en la Figura 25.

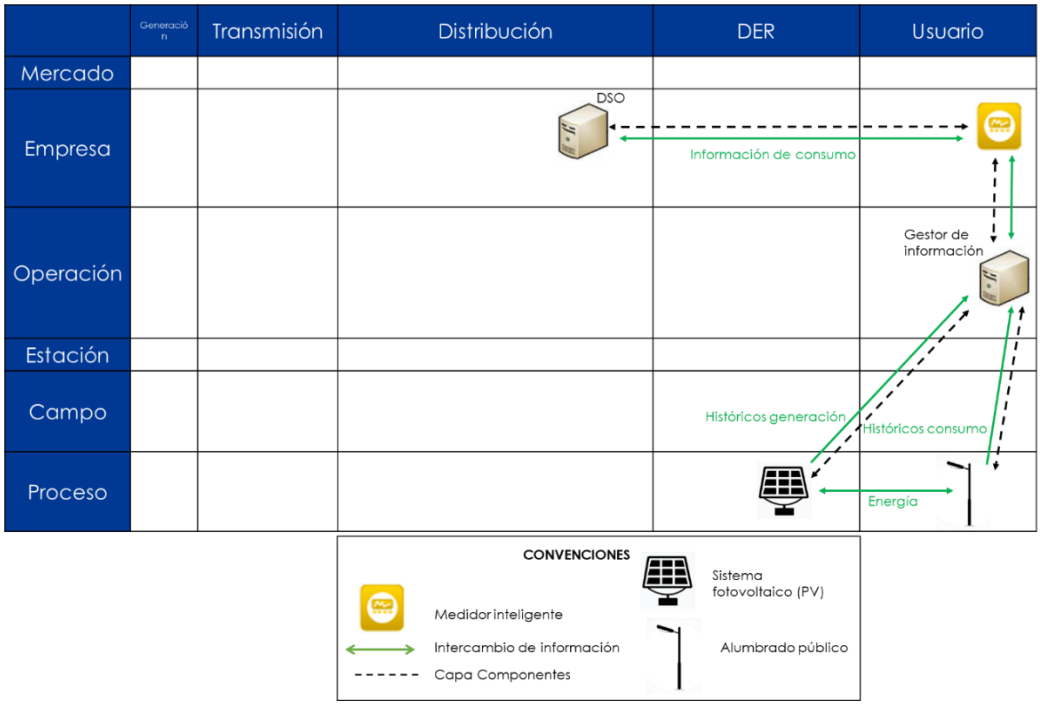


Figura 25. Diagrama SGAM para CE Tipo II
Fuente Elaboración propia.

En este caso, los actores asociados a los procesos de la CE Tipo II son:

Tabla 13. Actores CE Tipo II
Fuente: Elaboración propia

Actor	Descripción
DSO	Prestador de servicio de energía, facilita intercambios de información de consumos.
Usuarios	Análisis de información de consumos, socialización y sensibilización de buenas prácticas.
Uso comunitario (alumbrado público)	Gestionar necesidades energéticas diarias, prestar el servicio comunitario.
Gestor de información	Almacenar información de históricos de generación y consumo.

2.3. Modelo III

Son típicamente comunidades creadas por prosumidores, que desempeñan el papel de tomadores de decisiones, inversores y clientes, que se unen para beneficiarse de condiciones especiales de financiación en la adquisición de activos (como compra a granel), para participar en mercados de flexibilidad, beneficiarse de iniciativas colectivas de gestión eficiente de la energía. El objetivo de este modelo de comunidad es compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros de la comunidad que se encuentran ubicados en la misma zona. De este tipo de comunidad pueden hacer parte individuos, unidades residenciales, edificios gubernamentales y empresas, siempre que se hallen ubicados en la misma zona geográfica.

Este modelo involucra transacciones de energía entre miembros de la CE que son autogeneradores con aquellos que no lo son. A partir de este modelo, a la CE se le asignan roles y responsabilidades al interior de esta para garantizar financiamiento, desarrollo de capacidades de los miembros y subcontratación de conocimientos técnicos con socios externos. El mecanismo de compartir energía es una extensión del negocio clásico de proveedores. Esto significa que va más allá proporcionando acceso a la red y, por lo tanto, vincula a consumidores y productores en la misma zona. Esos modelos son muy sensibles a la regulación nacional, ya que la dinámica de creación de valor se verá profundamente afectada por la capacidad de miembros a vender su electricidad a otros miembros de la comunidad o hacer uso de mecanismos de compensación de los medidores de electricidad (Reis et al., 2021; Tounquet et al., 2019).

2.3.1. Actores, roles y responsabilidades

Pueden agruparse individuos o entidades, de sector residencial, comercial o industrial, tanto de zona urbana como rural, siempre que todos se hallen en la misma zona geográfica. A continuación, la Tabla 14 se listan los actores, con sus roles y responsabilidades dentro de este modelo.

Tabla 14. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo III.
Fuente: Elaboración propia

Actores	Roles	Responsabilidades
Consumidor	Miembro de la comunidad o no, que es consumidor de la energía producida por la CE y transportada a través de la red propiedad o no de la CE	• Hacer uso adecuado de la energía que consume • Pagar de forma oportuna el costo de la energía consumida • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones • Reportar incidentes en la recepción de la energía • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo
Prosumidor	El usuario final o grupo de usuarios que consume, almacena, autogenera, participa en la flexibilidad o gestión eficiente de la energía esquemas, no profesional primario. Tipos: residencial, empresarial, Industrial, Comunitario	• Operar y Velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a la red, almacenarlo o compartirlo con otro miembro de la comunidad • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía
Operador de sistema de distribución- DSO	Responsable de gestionar activamente las redes locales y las conexiones de red. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Asegurar la operación independiente de la red • Planificar la distribución de la energía a través de la red • Velar con que haya un tratamiento no discriminatorio para cualquiera que se conecte y transporte energía eléctrica a través de la red • Velar por la calidad y estabilidad en el suministro de energía al usuario final • Facilitar el intercambio de energía entre los miembros de la comunidad energética, a través de la red • Proporcional la información adecuada a la Comunidad energética • Mantener una colaboración estrecha con la CE para contribuir a que la participación de los usuarios sea cada vez mayor

Actores	Roles	Responsabilidades
		• Recolectar ofertas de mercado y liquidar • Coordinar el mercado a nivel local • Servir de vínculo entre los generadores, el sistema de transmisión, y los usuarios finales
Asamblea comunitaria/La comunidad	Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en si	• Proporcionar plataforma integrada de intercambio de energía • Contabilizar y facturar la energía suministrada a los miembros • Ser consumidores de la energía producida • Velar por la recolección de facturación por prestación del servicio de energía • Flexibilizar la participación de los miembros. • Reducir emisiones • Reducir la dependencia energética • Mejorar la seguridad en el suministro energético • Invertir en proyectos energéticos
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad
Compañías proveedoras de tecnología y servicios de energía	Proveedores de servicios de energía, tecnología y equipos a la CE y otros involucrados en el intercambio de energía.	• Ofrecer servicios adicionales como gestión eficiente de la energía • Ofrecer servicios de reacondicionamiento energético de edificaciones • Proveer tecnología para la generación local de energía • Proveer tecnología para gestión eficiente de la energía • Proveer tecnología para la gestión de los sistemas de energía
Entidades locales/Alcaldías	Es la entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones	• Adoptar normas locales para favorecer las CE • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a CE • Facilitar el dialogo entre actores • Proporcionar recursos para financiación de proyectos • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo. • Compartir personal y recursos locales
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética.	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas. • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía

2.3.2. Esquema de gobernanza

Para el Modelo III, la gobernanza se define, como es mostrado en la Tabla 15.

Tabla 15. Modelo de gobernanza para Modelo III.
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de usuarios	Abierto a todo tipo de personas: • Personas naturales individuales. • Unidades residenciales o comunidades de vecinos / Mini, pequeñas y medianas empresas. • Organizaciones gubernamentales / Asociaciones comunitarias.
Propósito principal	• Participación voluntaria abierta a todos los miembros • Gestión de DER instalados en empresas, unidades comerciales, viviendas, unidades residenciales, edificios de carácter comunitario o gubernamental (Hospital, escuelas, municipalidades, etc.), granjas agrícolas.

Criterio	Descripción
	• Obtener beneficios adicionales del tipo ambiental y social. • Obtener energía renovable a un costo menor.
Propiedad y control	• Comunidad autónoma en sus decisiones. • Las actividades diarias de la CE se gestionan a través del consejo o unidad administradora elegida por votación democrática en asamblea de socios, una vez al año. También se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). • Decisiones respecto a la información, formulación de proyectos y gestión de los DER deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo. Dependiendo el nivel de complejidad, estas decisiones se toman en Asamblea de miembros o socios, una vez al año. • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE. • Se constituye una comunidad energética con o sin ánimo de lucro.
Elegibilidad	Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional al tamaño de la participación de cada miembro, sin que un voto individual supere el 33% del total de la votación.

A continuación, en la Figura 26, se presenta un esquema que explica la manera como se realiza el proceso de gobernanza al interior del modelo de comunidad energética tipo III y de qué manera se presenta la interacción con los actores que intervienen en la operación del sistema.

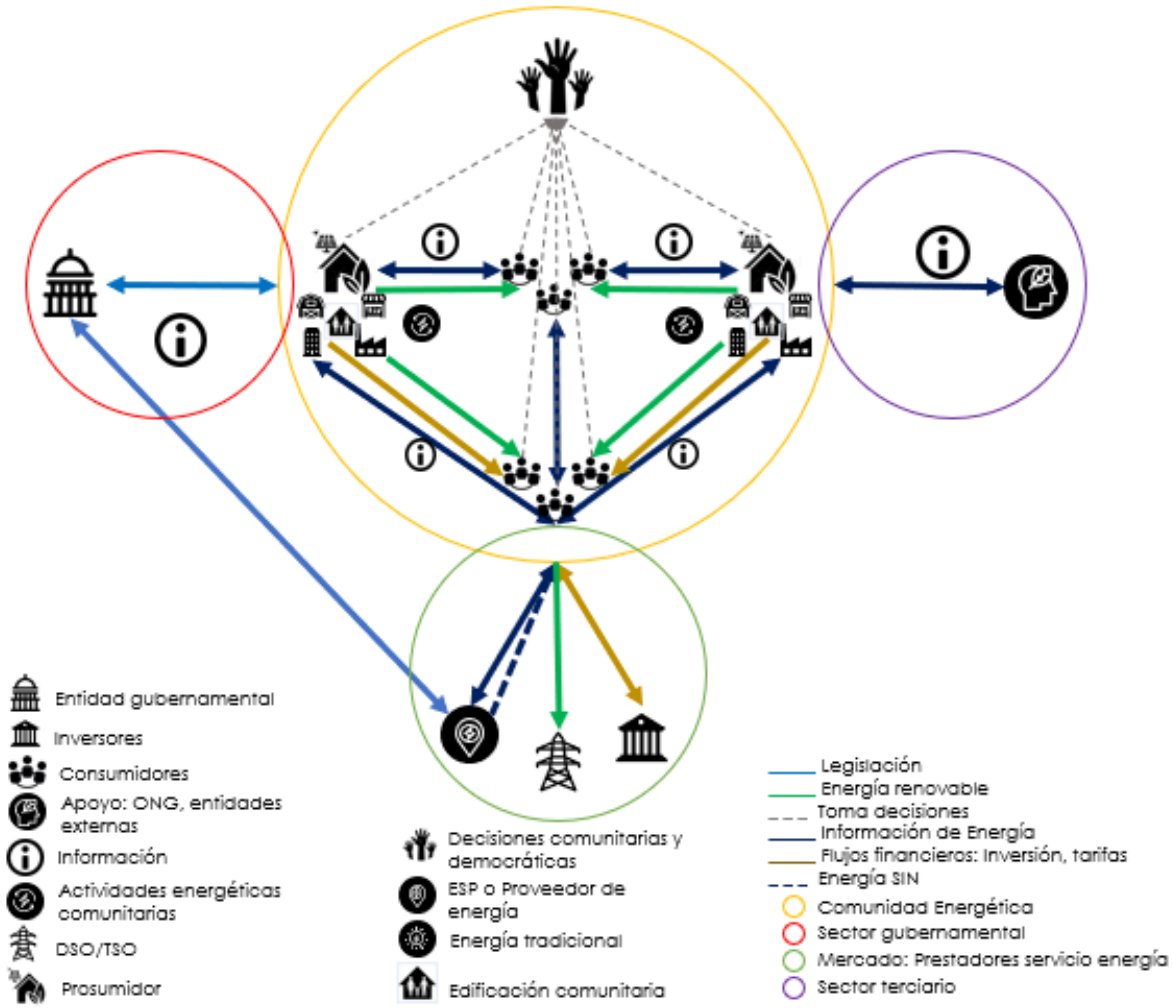


Figura 26. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo III.
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 26, y en comparación con el esquema planteado para el modelo II, aparecen nuevas líneas de flujo que son susceptibles en la toma de decisiones por parte de la comunidad energética involucrada en este modelo, al igual que aparecen nuevos actores para permitir la gobernanza de esta. El modelo III que podría denominarse de prosumerismo, en donde muchos o todos los miembros de la comunidad son generadores y consumidores de energía, involucra líneas de flujo de energía (de autogeneración y del SIN), líneas de información, líneas financieras (inversiones y de tarifas de la energía que se intercambia al interior de la CE). La toma de decisiones relevantes es realizada por asamblea realizada una vez al año, y por los miembros del órgano administrativo que corresponde como es indicado en la Tabla 15.

Al interior de la comunidad se integra el prosumidor, constituido por todos los actores de la comunidad que tienen capacidad de generar energía, auto consumir y también compartir con los miembros que no disponen de sistemas de generación, y en el sector del mercado se integran además de los inversionistas, los generadores tradicionales que apoyan el sistema de circulación de energía de la CE cuando no haya energía suficiente para cubrir la demanda y los actores involucrados en las transacciones económicas de energía cuando hayan excedentes de la autogeneración de la CE para vender por fuera de esta. Se hace énfasis que este modelo de comunidad en la cual hay miembros prosumidores y otros consumidores, todos los miembros, sin importar el rol que cumplen, deben estar ubicados geográficamente en las proximidades de la fuente de energía renovable, y que además de la autogeneración, también puede haber vehículos eléctricos y/o gestión eficiente de la energía.

A continuación, se muestran las decisiones que se pueden tomar de manera comunitaria en el modelo:

- Fortalecer internamente las capacidades de la comunidad en torno de la energía: manejo consciente, generación, intercambio energético.
- Promover practicas individuales sobre gestión energética y la generación colectiva de energía.
- Permitir la interacción de una pluralidad de actores con el privilegio de relaciones horizontales.
- Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
- Definir las reglas para la conformación de la comunidad (perfil de los miembros de la comunidad, condiciones para integrar la comunidad, objetivos).
- Definir la estructura legal de la comunidad (de los listados en la Sección 1).
- Desarrollar un sistema comunitario de gestión de la energía
- Definir como ejercer el control y vigilancia de la prestación de los servicios energéticos al interior de la comunidad.
- Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
- Definir las funciones del consejo de administración o el organismo que aplique.
- Seleccionar los DER y mecanismos adicionales para cumplir con los objetivos definidos de la CE.
- Definir el sistema transaccional de energía entre los miembros de la comunidad (según se describe en sección 1.3).
- Definir el esquema de facturación para la energía generada y transada entre miembros de la comunidad.
- Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.
- Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.
- Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.
- Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.

2.3.3. Esquema transaccional

Esta comunidad comparte recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros de la comunidad que se encuentran ubicados en la misma zona; involucra transacciones de energía entre miembros que son autogeneradores con aquellos que no lo son, el esquema transaccional propuesto es el que se muestra en la Figura 27.

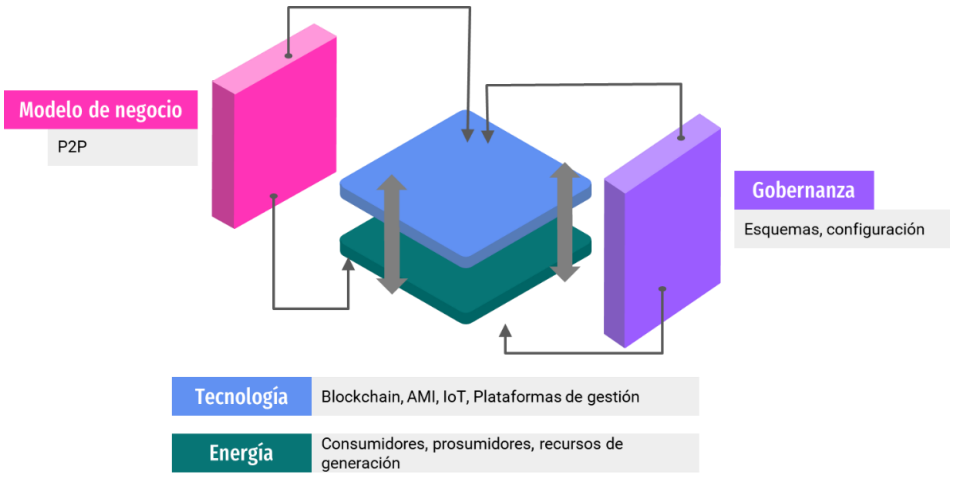


Figura 27. Esquema transaccional para CE Tipo III
Fuente Elaboración propia.

Este esquema transaccional involucra a los miembros junto con las infraestructuras tecnológicas particulares y comunitarias. Los prosumidores que tengan disponibilidad de excedentes de energía pueden transarlo directamente con otros usuarios que la requieran; así mismo, los usuarios que requieran energía deben notificar su requerimiento al sistema. La incorporación de generación distribuida proveniente de energía renovables hace necesario un sistema de gestión de información que permita intercambiar datos de generación disponible vs consumo demandado.

Se requiere un modelo de negocio, como el P2P, que permita los intercambios comerciales de energía directamente entre consumidores y prosumidores. Pueden involucrarse otros tipos de negocio como la agregación. Para que todo esto sea posible, se requiere una plataforma tecnológica como blockchain.

2.3.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos

Para este tipo de comunidad, dado que aumenta la complejidad de procesos que se ejecutan en la esta, es necesario plantear Casos de uso primario y Casos de uso de alto nivel.

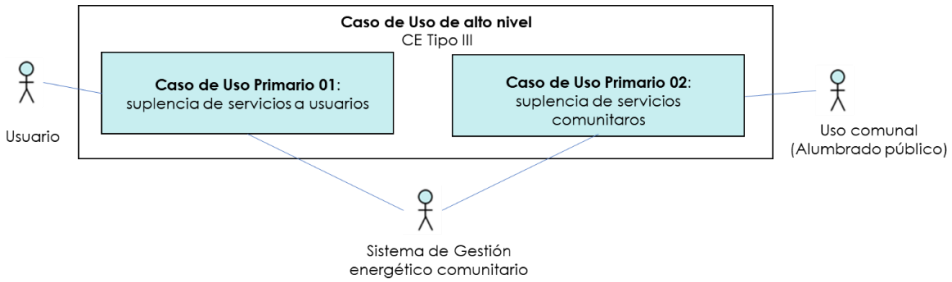


Figura 28. Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE Tipo III
Fuente Elaboración propia

El Caso de Uso Primario 01 se asocia a la suplencia de servicio de los usuarios de la comunidad, mientras que el Caso de Uso Primario 02 está dedicado a usos comunitarios de la energía, como el alumbrado público. Por esta razón, se requiere un Sistema de Gestión de Energía Comunitario que aparece como un nuevo actor en el modelo.

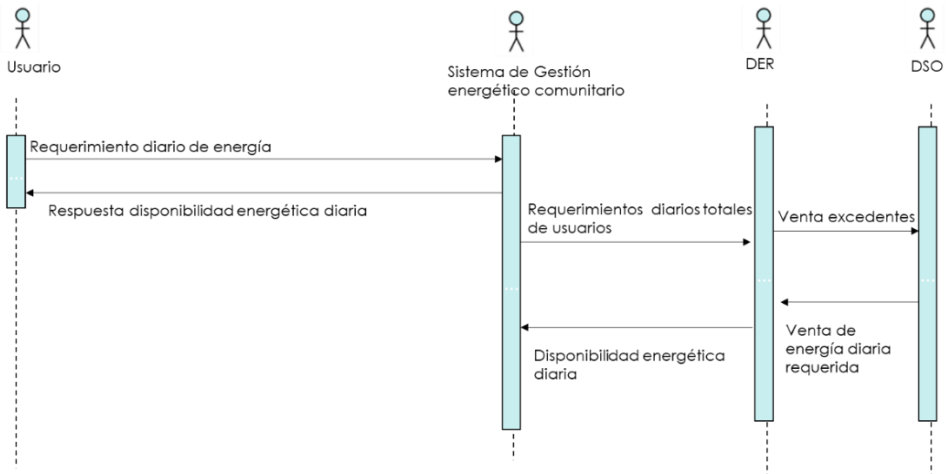


Figura 29. Diagrama de secuencia Caso de Uso Primario 01 para CE Tipo III
Fuente Elaboración propia

Mientras que el Caso de Uso Primario 02 está dedicado a usos comunitarios de la energía, como el alumbrado público. Por esta razón, para ambos casos de uso se requiere un Sistema de Gestión de Energía Comunitario que aparece como un nuevo actor en el modelo.

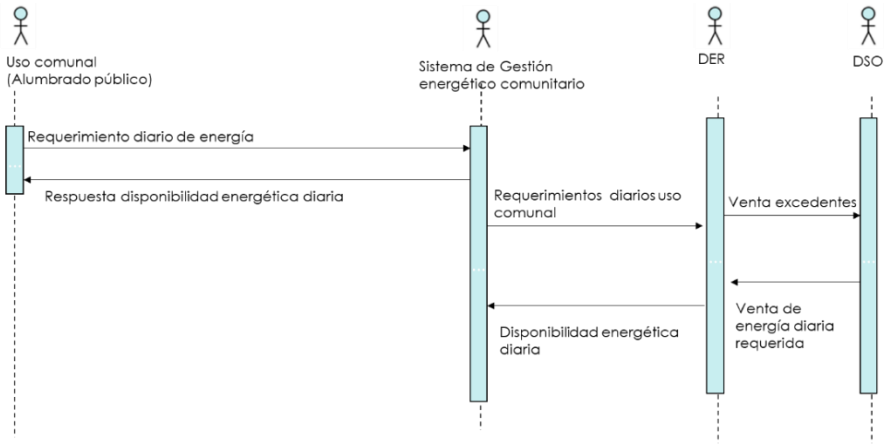


Figura 30. Diagrama de secuencia Caso de Uso Primario 02 para CE Tipo III
Fuente Elaboración propia

Este esquema transaccional involucra a los miembros junto con las infraestructuras tecnológicas particulares y comunitarias. Se requiere un modelo de negocio como el P2P y un esquema de gobernanza definido.

Para esta comunidad, además de los miembros y recursos de generación, se incluyen recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas simples de gestión de información de generación y consumo de la aplicación o instalación comunitaria. Tal como se muestra en el diagrama SGAM de la Figura 31.

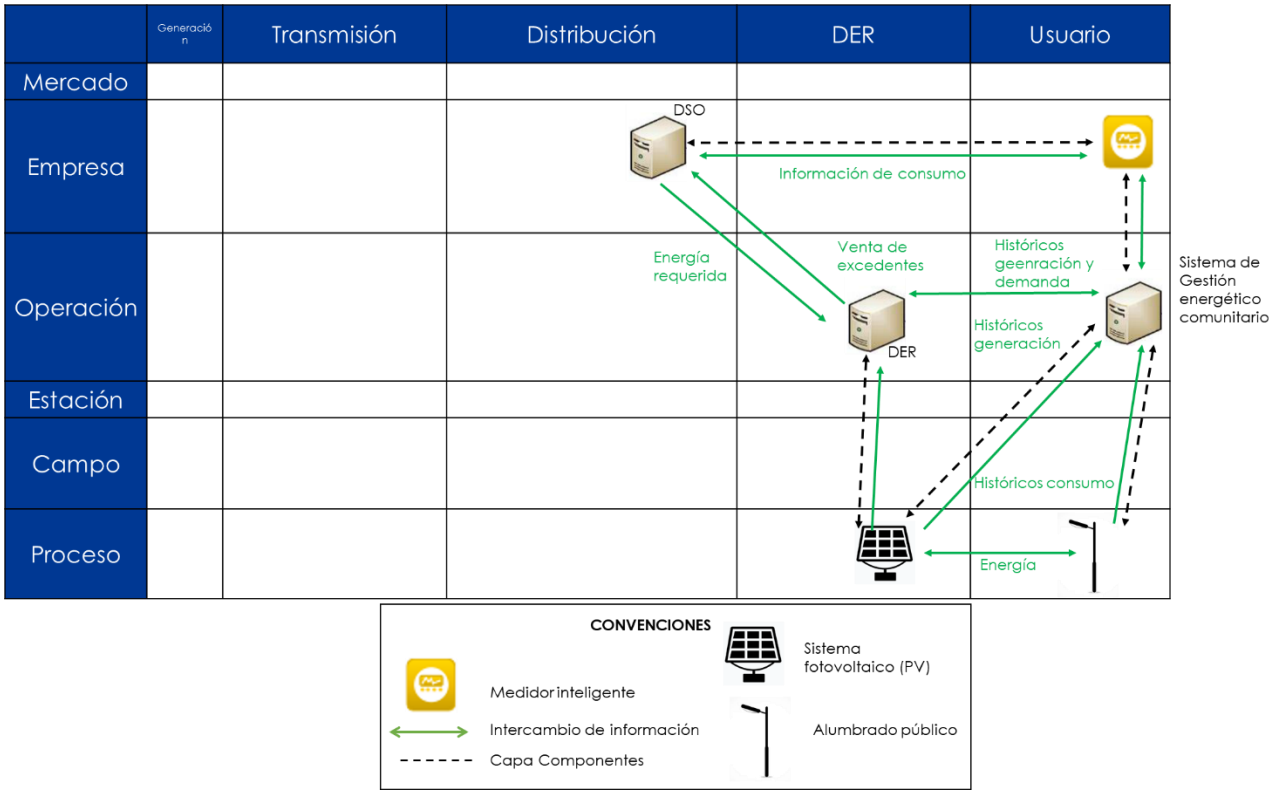


Figura 31. Diagrama SGAM para CE Tipo III
Fuente Elaboración propia.

En este caso, los actores asociados a los procesos de la CE Tipo III son los mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16. Actores CE Tipo III
Fuente: Elaboración propia

Actor	Descripción
DSO	Prestador de servicio de energía, facilita intercambios de información de consumos. Intercambia información de excedentes y requisitos de energía con DER
DER	Gestiona información de generación y consumo
Usuarios	Análisis de información de consumos, socialización y sensibilización de buenas prácticas
Sistema de gestión energético comunitario	Gestiona los requisitos energéticos de los usuarios individuales y de los usos comunitarios, gestiona información de excedentes y disponibilidades. También asume funciones de gestión de información básica para la CE

2.4. Modelo IV

Este modelo de CE, se asemeja al anterior en que permite transacciones de energía entre miembros de la CE que la generan con otros miembros que no lo hacen. Sin embargo, se diferencia en que este modelo permite incluir miembros que no estén dentro de la zona geográfica de las fuentes de autogeneración a través de tecnologías que permiten el intercambio de energía de forma remota tipo VPP (*virtual power plants*). Permite entonces que usuarios externos, fuera de la localización en la que se encuentran los prosumidores, puedan ser parte de la CE. Se pueden incluir almacenamiento, movilidad sostenible, autogeneración, proyectos de gestión eficiente de la energía, P2P, energía transactiva. Desde dentro de la comunidad, se asignarán roles y responsabilidades a sus miembros para asegurar los recursos necesarios para financiación de otros proyectos, desarrollo de capacidades de los miembros de la comunidad y subcontratación de conocimientos técnicos con socios externos y desde la perspectiva del sistema energético, las comunidades energéticas deben ser debidamente reconocidas en el mercado interior de la electricidad, tanto a nivel comercial (proveedor) como de red (DSO).

2.4.1. Actores, roles y responsabilidades

Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, que pertenezcan o no a una misma zona geográfica. Pueden incluir los actores del sistema tradicional de energía y los actores adicionales para CE. A continuación, en la Tabla 17 se pueden observar los actores involucrados:

Tabla 17. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo IV.
Fuente: Elaboración propia

Actores	Roles	Responsabilidades
Consumidor o Usuario final de energía	Miembro de la comunidad o no, que es consumidor de la energía producida por la CE y transportada a través de la red propiedad o no de la CE	• Hacer uso adecuado de la energía que consume • Pagar de forma oportuna el costo de la energía consumida • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones • Reportar incidentes en la recepción de la energía • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo
Prosumidor	El usuario final o grupo de usuarios que consume, almacena, autogenera, participa en la flexibilidad o gestión eficiente de la energía esquemas, no profesional primario. Tipos: residencial, empresarial, Industrial, Comunitario	• Operar y velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a la red, almacenarlo o compartirlo con otro miembro de la comunidad • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía
Operador de sistema de distribución- DSO	Responsable de gestionar activamente las redes locales y las conexiones de red. Puede ser parte de la CE o una unidad externa.	• Asegurar la operación independiente de la red. • Planificar la distribución de la energía a través de la red • Velar con que haya un tratamiento no discriminatorio para cualquiera que se conecte y transporte energía eléctrica a través de la red. • Velar por la calidad y estabilidad en el suministro de energía al usuario final. • Facilitar el intercambio de energía entre los miembros de la comunidad energética, a través de la red • Proporcional la información adecuada a la Comunidad energética • Mantener una colaboración estrecha con la CE para contribuir a que la participación de los usuarios sea cada vez mayor • Recolectar ofertas de mercado y liquidar • Coordinar el mercado a nivel local • Servir de vínculo entre los generadores, el sistema de transmisión, y los usuarios finales
Operador del Sistema de transmisión- TSO	Responsable del transporte de energía y el balance del sistema. Puede ser parte de la CE o una unidad externa	• Garantizar la circulación de energía en la red • Garantizar el balance en la red de suministro y demanda
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía
Agente facturador	Encargado de general los cobros del consumo energía	• Generar la facturación del consumo de energía por parte del usuario final
Asamblea comunitaria/La comunidad	Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en si	• Proporcionar plataforma integrada de intercambio de energía • Contabilizar y facturar la energía suministrada a los miembros • Ser consumidores de la energía producida

Actores	Roles	Responsabilidades
		• Velar por la recolección de facturación por prestación del servicio de energía • Flexibilizar la participación de los miembros • Reducir emisiones • Reducir la dependencia energética • Mejorar la seguridad en el suministro energético • Invertir en proyectos energéticos
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad
Compañías proveedoras de tecnología y servicios de energía	Proveedores de servicios de energía, tecnología y equipos a la CE y otros involucrados en el intercambio de energía.	• Ofrecer servicios adicionales como gestión eficiente de la energía • Ofrecer servicios de reacondicionamiento energético de edificaciones • Proveer tecnología para la generación local de energía • Proveer tecnología para gestión eficiente de la energía • Proveer tecnología para la gestión de los sistemas de energía
Proveedor de servicios de energía	Entidad que presta servicios de gestión eficiente de la energía, opera y gestiona la generación local. Este rol puede ser cumplido por la CE.	• Propiciar actividades para mejorar la gestión eficiente de la energía • Financiar, suministrar e instalar equipos eficientes energéticamente • Rehabilitar edificaciones en busca de mejor manejo de la energía • Gestión de los sistemas de generación local
Entidades locales/Alcaldías	Es la entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones	• Adoptar normas locales para favorecer las CE • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a CE • Facilitar el dialogo entre actores • Proporcionar recursos para financiación de proyectos • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo. • Compartir personal y recursos locales

2.4.2. Esquema de gobernanza

Para el Modelo IV, la gobernanza se define, como se muestra en la Tabla 18.

Tabla 18. Modelo de gobernanza para Modelo II.
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de usuarios	Abierto a todo tipo de personas: • Personas naturales • Agrupaciones de vecinos o unidades residenciales • Mini, pequeñas y medianas empresas • Organizaciones gubernamentales
Propósito principal	• Participación voluntaria abierta a todos los miembros • Gestión de los DER propiedad de la CE • Generar, almacenar, distribuir y compartir energía autogenerada por la CE con miembros dentro y fuera de la zona geográfica de la generación. • Generar energía a precios menores a los de la red tradicional • Obtener beneficios del tipo ambiental y social

Criterio	Descripción
	• De acuerdo con la figura legal, puede ser la obtención de beneficios económicos para cada miembro o para la comunidad en colectivo incluidos o no aquellos que están en el área de influencia pero que no hacen parte de la CE
Propiedad y control	• Son autónomos en la toma de decisiones que beneficien a sus miembros • Las actividades diarias de la CE se gestionan a través de la junta o el órgano que por votación de la asamblea de la CE hay asido elegida, también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social). Y las decisiones relevantes, se toman en la asamblea anual que se realiza con todos los miembros de la CE • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE.
Elegibilidad	Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional a la participación de cada miembro sin que supere el 33% del total de votación.

Definidos para el modelo IV, los elementos básicos que definen la gobernanza de esta CE, a continuación, en la Figura 32 se presenta el esquema que explica la manera como se realiza el proceso de gobernanza al interior de este modelo de comunidad energética y de qué manera se realiza la interacción con otros actores involucrados.

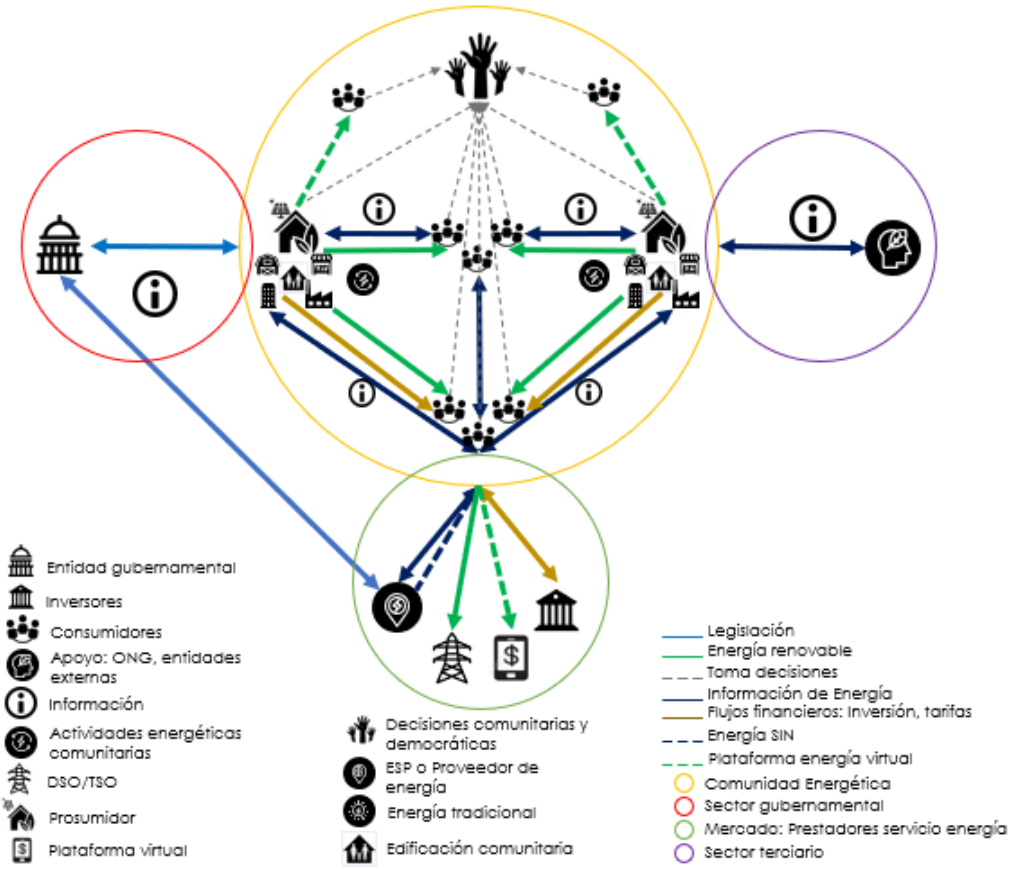


Figura 32. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo IV.
Fuente: Elaboración propia

En este modelo a diferencia del anterior, 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 lo que 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. A continuación, se presentan las principales decisiones que deberían tomarse en el esquema del modelo de comunidad energética modelo IV:

- Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
- Definir el 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 (según se describe en sección 1.3).
- Definir los esquemas tarifarios y de facturación para la energía generada y transada entre miembros de la comunidad.
- Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.
- Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.
- Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.
- Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.
- Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
- Definir si nuevos usuarios pueden unirse en la figura de agregador para transar energía en el mercado.
- Definir la tarifa de los servicios energéticos proporcionados.
- Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE.

2.4.3. Esquema transaccional

Este modelo mostrado en la Figura 33 se basa en la CE que transa energía proveniente de la autogeneración a partir de recursos energéticos pertenecientes a la misma CE dentro de la zona de influencia con otros que están fuera de ésta, permitiendo que otros usuarios externos puedan ser parte esta.

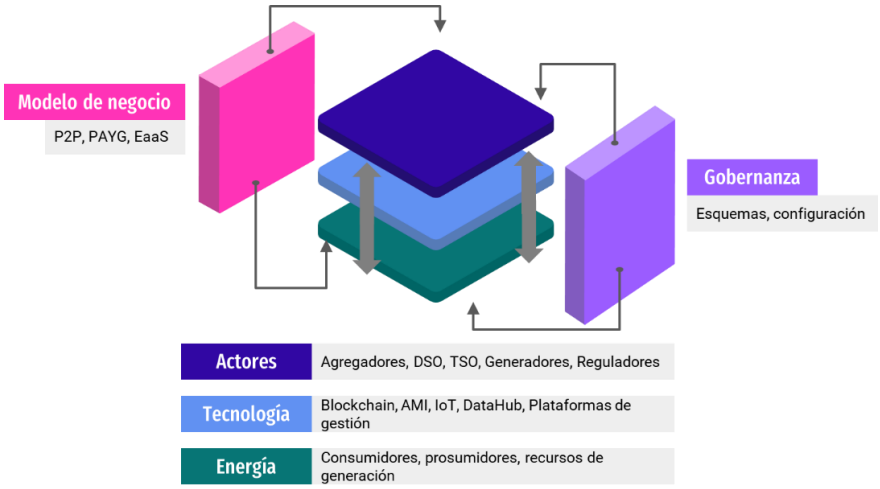


Figura 33. Esquema transaccional para CE Tipo IV
Fuente Elaboración propia.

Para este modelo ya se hacen presentes todas las capas, con representación activa en cada una de ellas. La capa de energía tiene más puntos de intercambio, se cuenta con mayor infraestructura tecnológica y los actores como DSO y reguladores son obligatorios para permitir el adecuado funcionamiento de la comunidad energética. Transversalmente, el esquema de gobernanza puede ser más complejo para involucrar más actores y funciones.

Esta CE requiere de un esquema transaccional más complejo, en el que consumidores y prosumidores puedan relacionarse; también pueden intervenir agregadores. El sistema de gestión de información debe estar en capacidad de manejar información de consumos, tarifas, flexibilidades energéticas, ofertas de excedentes, requerimientos de energía, entre otros. Es recomendable que este sea un sistema de control descentralizado. En este caso, el DSO puede tener intercambios de energía bidireccionales con los miembros de la comunidad.

Se requiere un modelo de negocio, como el P2P, que permita los intercambios comerciales de energía directamente entre consumidores y prosumidores. Pueden involucrarse otros tipos de negocio como la agregación.

Es más factible que se den otros modelos de negociación como PAYG o *EaaS*. Para que todo esto sea posible, se requiere una plataforma tecnológica como blockchain y se presentan más posibilidades de negociación con sistemas digitales como Tokens de energía.

2.4.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos

Para este caso, adicionalmente a la arquitectura expuesta para el modelo III, para habilitar los intercambios de energía con usuarios en zonas lejanas, se deben realizar intercambios entre el DSO y el TSO. Para este modelo de CE se tienen los mismos casos de uso primarios 01 y 02 presentados en las Figura 29 y la Figura 30, de acuerdo a lo anterior el diagrama de secuencia se muestra en la Figura 34.

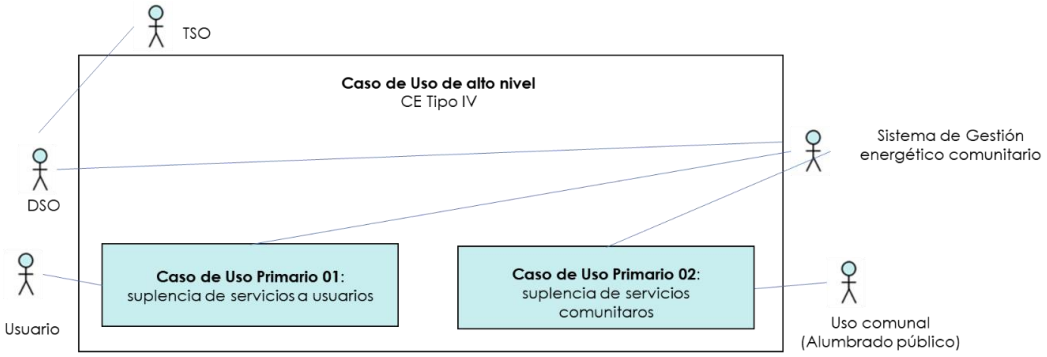


Figura 34. Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE Tipo IV
Fuente Elaboración propia.

El diagrama SGAM para la CE Tipo IV se muestra a continuación. Allí puede verse que se cuenta con un Sistema de Gestión energético comunitario, que es el encargado de tomar decisiones para suplir toda la demanda de los usuarios con base en los recursos energéticos disponibles; por eso está en comunicación con el sistema DER. También se resalta que aparece el componente TSO, el operador de transmisión es necesario porque en este caso la ubicación de los miembros de la comunidad puede ser lejana.

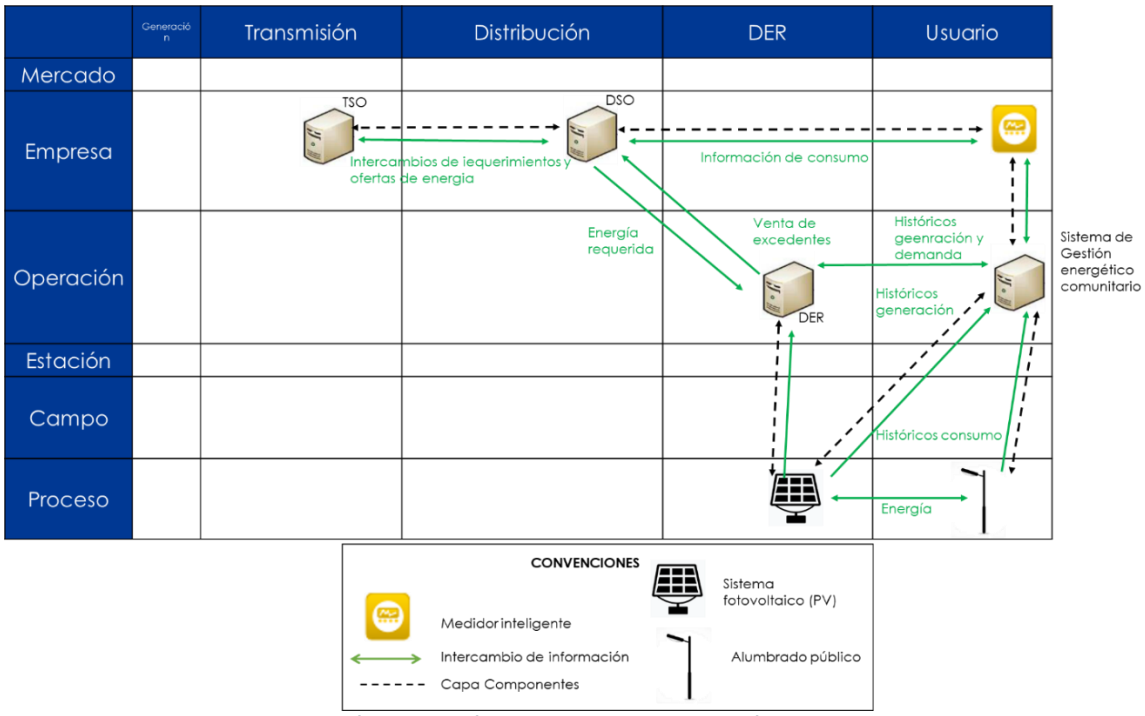


Figura 35. Diagrama SGAM para CE Tipo IV
Fuente Elaboración propia.

En este caso, los actores asociados a los procesos de la CE Tipo IV son:

Tabla 19. Actores CE Tipo IV
Fuente: Elaboración propia

Actor	Descripción
TSO	Intercambia información de excedentes y requisitos de energía con DSO
DSO	Prestador de servicio de energía, facilita intercambios de información de consumos. Intercambia información de excedentes y requisitos de energía con DER y con TSO
DER	Gestiona información de generación y consumo
Usuarios	Análisis de información de consumos, socialización y sensibilización de buenas prácticas
Sistema de gestión energético comunitario	Gestiona los requisitos energéticos de los usuarios individuales y de los usos comunitarios, gestiona información de excedentes y disponibilidades. También asume funciones de gestión de información básica para la CE

2.5. Modelo V

El más complejo de los modelos propuestos de CE, podría hablarse de una CE compuesta por varias CE. En este modelo, 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, involucra actores como los agregadores, TSO, DSO y trading de energía. La siguiente figura muestra como son las relaciones de control de los actores a este nivel en la CE (Franzl, 2021).

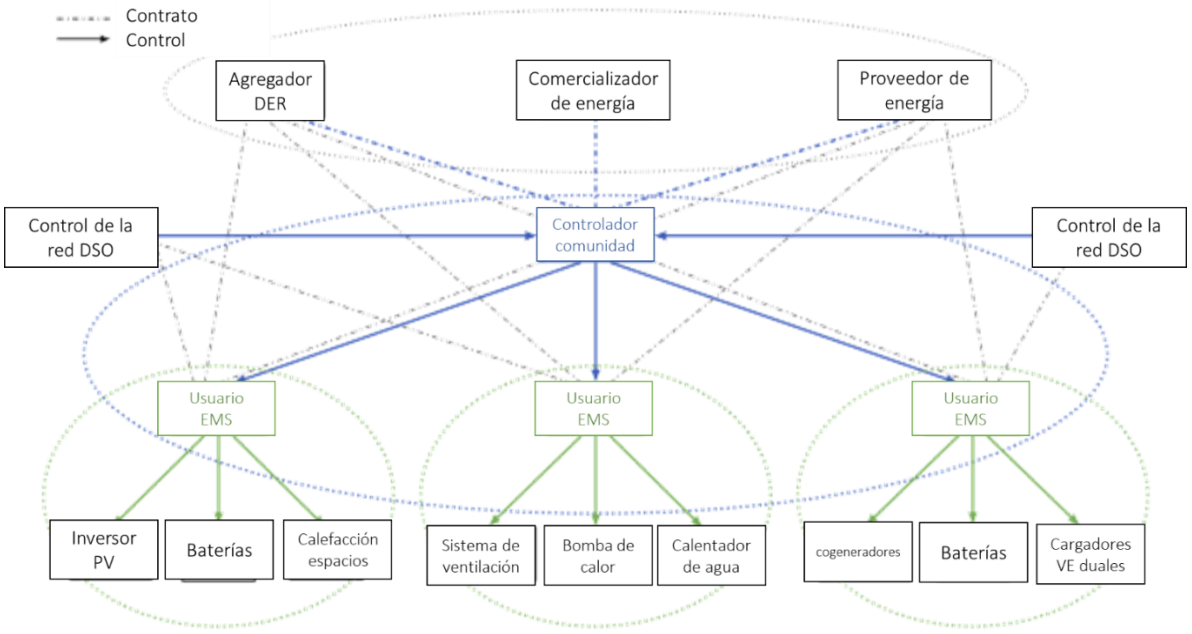


Figura 36. Relaciones entre actores en Comunidad Energética, Modelo V.
Fuente: Tomado de(Franzl, 2021)

En este modelo son evidentes tres macrooperaciones para gestionar y controlar la demanda y el suministro de energía dentro de la Comunidad Energética:

- Predicción y programación de la demanda y el suministro de energía.
- Seguimiento y control fiables de los flujos de energía.
- Compartición y compensación justa de suministros energéticos.

2.5.1. Actores, roles y responsabilidades

Este modelo, involucra un numero grande de actores, que hacen más complejo el funcionamiento y control de la comunidad energética. En este modelo entonces, pueden integrarlo dos o más comunidades energéticas ya constituidas como tal, que deciden unirse entre sí para complementar su operación. Las comunidades energéticas que se unen pueden ser de zona urbana como rural, que pertenezcan o no a una misma zona geográfica. Y por lo complejo y amplio del modelo, involucra todos los actores que se muestran a continuación:

Tabla 20. Actores, Roles y Responsabilidades en el Modelo V.
Fuente: Elaboración propia

Actores	Roles	Responsabilidades
Consumidor o Usuario final de energía	Miembro de la comunidad o no, que es consumidor de la energía producida por la CE y transportada a través de la red propiedad o no de la CE	• Hacer uso adecuado de la energía que consume • Pagar de forma oportuna el costo de la energía consumida • Cumplir con la normativa técnica de las instalaciones • Reportar incidentes en la recepción de la energía • Velar por el buen funcionamiento de las instalaciones al interior de su unidad de consumo
Prosumidor	El usuario final o grupo de usuarios que consume, almacena, autogenera, participa en la flexibilidad o gestión eficiente de la energía esquemas, no profesional primario. Tipos: residencial, empresarial, Industrial, Comunitario	• Operar y Velar por el buen funcionamiento de su sistema de autogeneración de energía • Entregar el excedente de energía a la red, almacenarlo o compartirlo con otro miembro de la comunidad • Consumir responsablemente la energía demanda por sí mismo • Reducir los costos de energía
Asamblea comunitaria/La comunidad	Todos los miembros de la comunidad que dan origen y constituyen la comunidad energética en si	• Proporcionar plataforma integrada de intercambio de energía • Contabilizar y facturar la energía suministrada a los miembros. • Ser consumidores de la energía producida. • Velar por la recolección de facturación por prestación del servicio de energía • Flexibilizar la participación de los miembros • Reducir emisiones • Reducir la dependencia energética • Mejorar la seguridad en el suministro energético • Invertir en proyectos energéticos
Comité comunitario o Consejo	Grupo de miembros de la comunidad que representan	• Velar por el funcionamiento de la comunidad energética • Velar por la entrega oportuna de los beneficios a los miembros de la comunidad de acuerdo con los estatutos o reglas de la misma • Establecer acuerdos de cooperación con otras comunidades u demás actores que garanticen un buen funcionamiento de la comunidad • Evaluar portafolio de servicios de la comunidad
Proveedor de energía	Es la entidad que compra la electricidad a los productores y la vende a los usuarios finales	• Adquirir la energía de los productores locales • Abastecer de energía cuando hay déficit • Gestionar el sistema local de energía • Suministrar electricidad, gas y calor • Facturar los servicios de energía • Procurar un sistema de energía flexible.
Agregador	Es la entidad que agrega una serie de usuarios finales y entidades que poseen o están directamente conectados a los recursos a nivel de distribución, como prosumidores, productores o cualquier combinación de ellos.	• Brindar servicios a la red • Superar las restricciones de participación a través de mecanismos de agregación de usuarios • Establecer acuerdos contractuales con usuarios conectados directamente a los recursos de distribución (almacenamiento, generación distribuida, control de cargas, entre otros)
Operador de sistema de distribución-DSO	Responsable de gestionar activamente las redes locales y las conexiones de red. Puede	• Asegurar la operación independiente de la red • Planificar la distribución de la energía a través de la red

Actores	Roles	Responsabilidades
	ser parte de la CE o una unidad externa	• Velar con que haya un tratamiento no discriminatorio para cualquiera que se conecte y transporte energía eléctrica a través de la red • Velar por la calidad y estabilidad en el suministro de energía al usuario final • Facilitar el intercambio de energía entre los miembros de la comunidad energética, a través de la red • Proporcional la información adecuada a la Comunidad energética • Mantener una colaboración estrecha con la CE para contribuir a que la participación de los usuarios sea cada vez mayor • Recolectar ofertas de mercado y liquidar • Coordinar el mercado a nivel local • Servir de vínculo entre los generadores, el sistema de transmisión, y los usuarios finales
Operador del Sistema TSO	Responsable del transporte de energía y el balance del sistema. Puede ser parte de la CE o una unidad externa	• Garantizar la circulación de energía en la red • Garantizar el balance en la red de suministro y demanda
Regulador y Supervisor	Es la entidad que está legalmente habilitada para supervisar la industria energética	• Emitir políticas que regulen la operación de las comunidades energéticas • Supervisar el desempeño de las comunidades energéticas • Equilibrar los intereses de todas las partes interesadas • Invertir y proporcionar subsidios para las CE • Reducir las barreras para la configuración de CE • Regular el tamaño de los mercados locales de energía
Comercializador	Encargado de general los cobros del consumo energía	• Generar la facturación del consumo de energía por parte del usuario final
Trader	Es la entidad que puede representar grandes volúmenes de energía en los mercados mayoristas y lograr un mejor posicionamiento y reducción de costos no energéticos.	• Supervisar los mercados • Gestionar el riesgo de fluctuaciones en los precios de la energía ofreciendo decisiones minuto a minuto • Ofrecer capitalización de movimientos de precios y explotación de oportunidades de arbitraje.
ESCo (compañías de servicios de energía)	Entidad que presta servicios de gestión eficiente de la energía, opera y gestiona la generación local. Este rol puede ser cumplido por la CE.	• Propiciar actividades para mejorar la gestión eficiente de la energía • Financiar, suministrar e instalar equipos eficientes energéticamente • Rehabilitar edificaciones en busca de mejor manejo de la energía • Gestión de los sistemas de generación local
Entidades locales/Alcaldías deptos.	Es la entidad que puede actuar como facilitadora en inversiones, operaciones y toma de decisiones	• Adoptar normas locales para favorecer las CE • Diseñar planes de sensibilización comunitaria en torno a CE • Facilitar el dialogo entre actores • Proporcionar recursos para financiación de proyectos • Diseñar plataformas y herramientas de apoyo • Compartir personal y recursos locales

2.5.2. Esquema de gobernanza

Para el Modelo V, la gobernanza se define, como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 21. Modelo de gobernanza para Modelo II.
Fuente: Elaboración propia

Criterio	Descripción
Tipo de usuarios	• Cualquier tipo de CE ya constituidas de los modelos 2 a 3 definidos previamente
Propósito principal	• Agrupar dos o más CE y miembros que no pertenecen para potenciar su independencia en la gestión de la energía • Ampliar el número de miembros que pueden integrar la CE para reducir pobreza y la dependencia energética • Reducir el impacto ambiental y mejorar las condiciones de visa de los miembros que hacen parte de la comunidad, así como de la región

Criterio	Descripción
	• Obtener beneficios económicos para sus miembros o para reinvertirlos en la zona de influencia de la comunidad
Propiedad y control	• Gestión autonómica de la CE, el mercado y el sector terciario • Las actividades diarias se gestionan a criterio de la administración que cada CE tuviese si estuviera aislada. Y en asamblea general también se apoya de personal técnico experto en diferentes áreas (regulatorio, económico y social) • Decisiones respecto a la información, formulación de proyectos y gestión de los DER deben ser consultadas con los miembros y analizados con ayuda de personal experto interno o externo • Son los gestores de los DER de forma directa o a través de entidades externas seleccionadas y supervisadas por la CE • Se constituye una comunidad energética sin ánimo de lucro
Elegibilidad	Por ejercicio democrático, un miembro un voto o proporcional a la participación.

A continuación, en la Figura 37 se presenta un esquema que explica la manera como se realiza el proceso de gobernanza al interior de este modelo de comunidad energética y de qué manera se realiza la interacción con los otros actores involucrados.

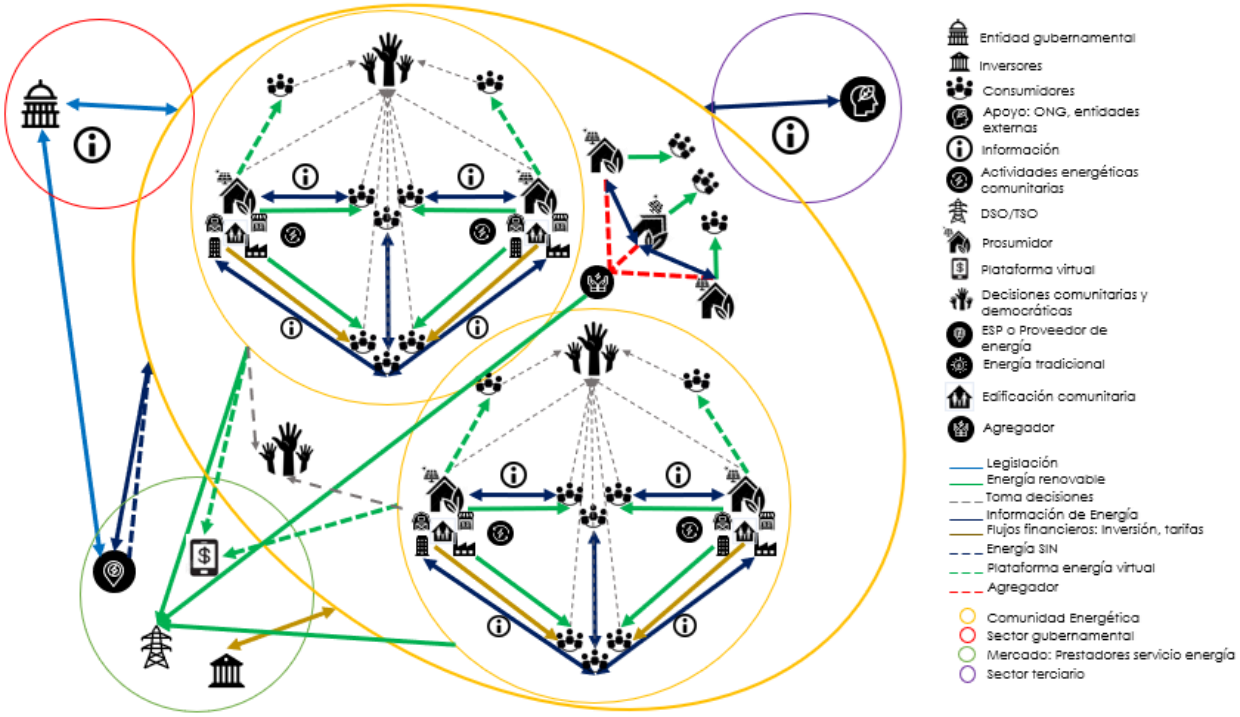


Figura 37. Esquema de gobernanza Comunidad Energética, Modelo V.
Fuente: Elaboración propia

Este es el modelo que 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 relacionadas con inversiones relacionadas con la ampliación de la red, esquema tarifario global, reglas de agregación. A continuación, se muestran las decisiones a tomar por parte de la CE de acuerdo con este modelo:

- Acompañar al estado con la formulación de propuestas para definir y aplicar políticas públicas en torno de la energía.
- Definir el 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 (según se describe en sección 1.3).
- Definir los esquemas tarifarios y de facturación para la energía generada y transada entre miembros de la comunidad.
- Definir el responsable habilitador de la red para el intercambio de energía entre miembros.
- Hacer o seleccionar los responsables de los estudios técnicos para las conexiones de intercambio de energía.
- Solicitar y/o autorizar la ampliación de la red para suministrar más energía cuando se suman más miembros o para inyectar los excedentes a la red.
- Supervisar o delegar la supervisión de los DER para garantizar que cumplan con los requisitos técnicos para su uso y protección de la red de la comunidad.
- Definir como efectuar inversiones que se reciban de fuentes externas y de recursos propios de la comunidad.
- Definir las reglas para que nuevos usuarios puedan unirse en la figura de agregador para transar energía en el mercado.
- Definir los protocolos de mantenimiento de los DER y la red de la CE.
- Gestionar los recursos para el correcto funcionamiento de la comunidad.
- Proporcionar servicios de consultoría externa para conformación de otras comunidades.
- Definir mecanismos de control y seguimiento a los procesos al interior de la comunidad.
- Apoyar a nuevas comunidades energéticas.

2.5.3. Esquema transaccional

Es el más complejo de los modelos propuestos, puede considerarse como una CE de CE que pueden realizar transacciones energéticas entre sí.

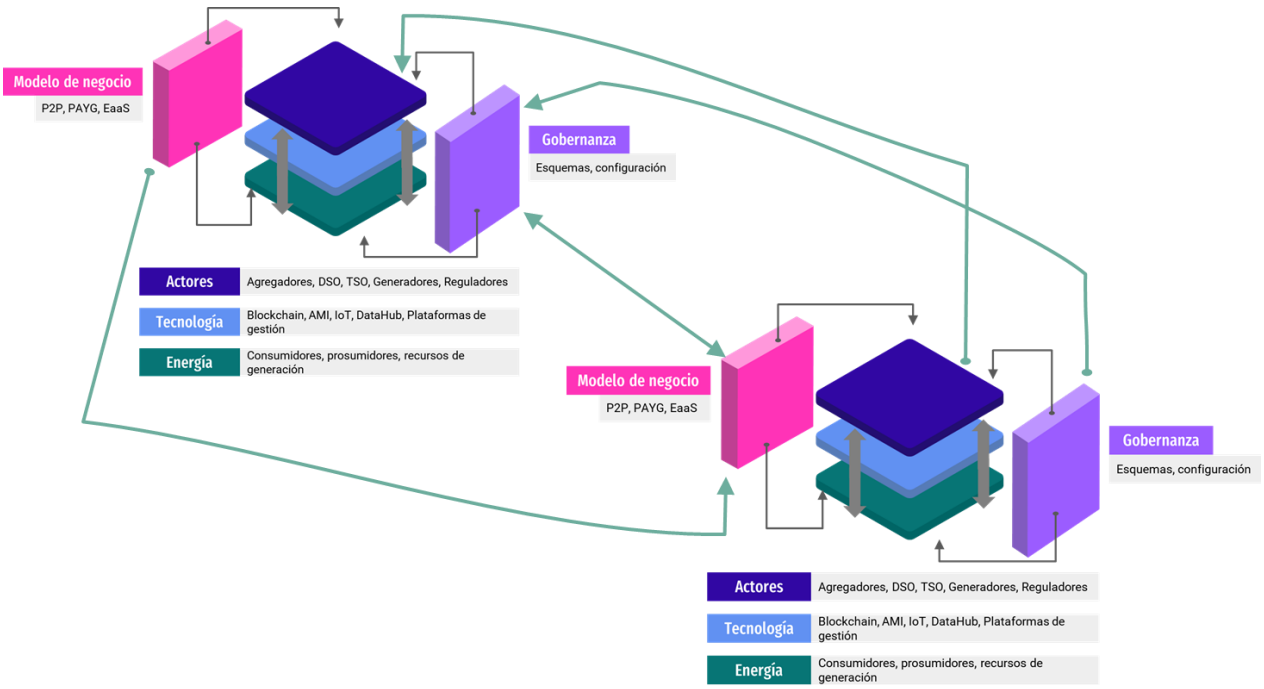


Figura 38. Esquema transaccional para CE Tipo IV
Fuente Elaboración propia.

En esta infraestructura se deben relacionar los actores de una CE con lo de la otra, crear esquemas de gobernanza complementarios y modelos de negocios que permitan comercializar la energía entre comunidades. Se requiere entonces de un esquema transaccional de alto nivel que permita relaciones directas internas entre miembros de la comunidad, pero también entre miembros de diferentes comunidades. Esto implica la combinación de esquemas centralizados y descentralizados de gestión de información. También se requiere que existan esquemas transaccionales entre dos o más DSOs diferentes, entre DSO y TSO, que habiliten los intercambios energéticos entre comunidades ubicadas en regiones lejanas.

Un modelo de negocio, como el P2P es necesario, pueden involucrarse otros tipos de negocio como la agregación y es más factible que se den otros modelos de negociación como PAYG o *EaaS*. Adicionalmente es probable que se desarrollen nuevos esquemas de negocios intercomunitarios que rompan los esquemas actuales energéticos. Para que todo esto sea posible, se requiere una plataforma tecnológica como blockchain.

2.5.4. Arquitectura tecnológica y Recursos energéticos

Para este caso, se replican las arquitecturas de la CE caso VI y para habilitar los intercambios de energía con otras CE, se deben realizar intercambios entre el DSO y el TSO. Para esta CE se tienen los mismos casos de uso primarios 01 y 02 presentados en las Figura 29 y la Figura 30 previamente.

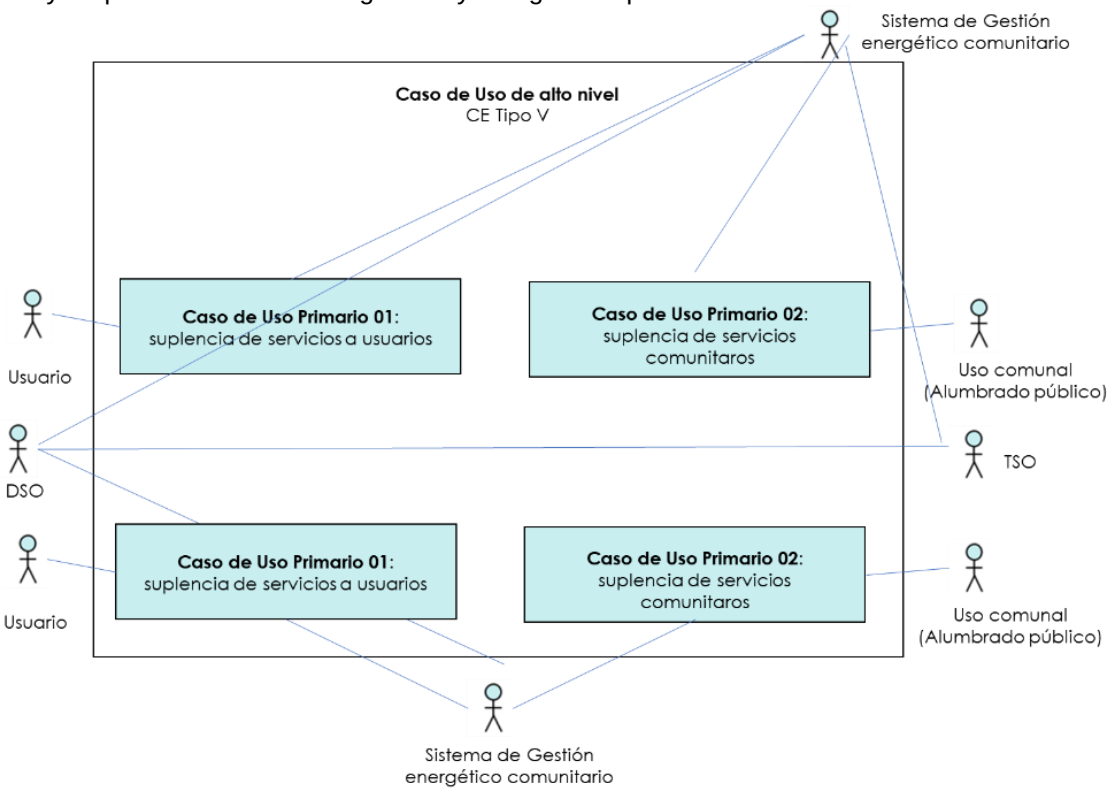


Figura 39. Diagrama de secuencia Caso de Uso de Alto Nivel CE Tipo V
Fuente Elaboración propia.

El diagrama SGAM para la CE Tipo V se muestra a continuación. Puede verse que al tratarse de la relación e intercambio entre dos comunidades energéticas diferentes, se duplican los elementos ubicados en cada uno de los dominios del diagrama.

Cada comunidad funciona en su interior como se expuso anteriormente. El intercambio de disponibilidad de excedentes y requisitos de consumo de cada comunidad se da entre los Sistema de Gestión energético comunitario de cada una, solo entre ellos se define el intercambio energético y comercial entre comunidades. No se consideran las transacciones directas entre un miembro de una comunidad y un miembro de la otra. El operador de transmisión (TSO) juega un papel fundamental, ya que es a través de su infraestructura que las comunidades, ubicadas lejos una de la otra, pueden intercambiar energía.

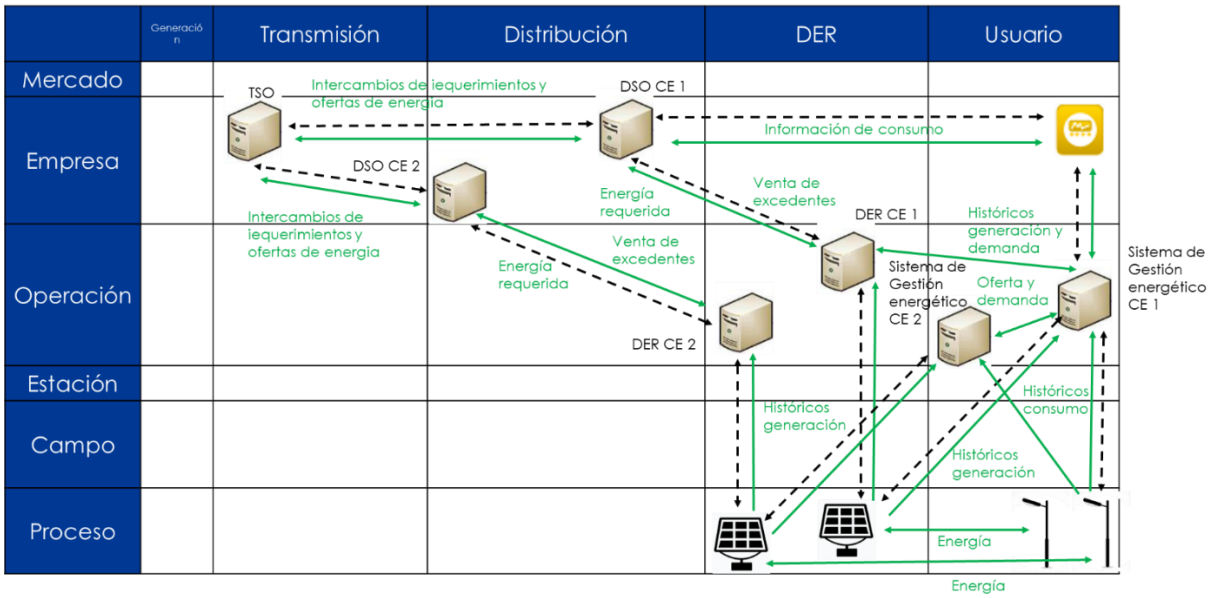


Figura 40. Diagrama SGAM para CE Tipo V
Fuente Elaboración propia

En este caso, los actores asociados a los procesos de la CE Tipo IV son:

Tabla 22. Actores CE Tipo V
Fuente: Elaboración propia

Actor	Descripción
TSO	Intercambia información de excedentes y requisitos de energía con DSO
DSO	Prestador de servicio de energía, facilita intercambios de información de consumos. Intercambia información de excedentes y requisitos de energía con DER y con TSO
DER	Gestiona información de generación y consumo
Usuarios	Análisis de información de consumos, socialización y sensibilización de buenas prácticas
Sistema de gestión energético comunitario	Gestiona los requisitos energéticos de los usuarios individuales y de los usos comunitarios, gestiona información de excedentes y disponibilidades. También asume funciones de gestión de información básica para la CE

2.6. Análisis comparativo

Luego de hacer la descripción detallada de los 5 modelos de comunidades energéticas propuestos como probables en el contexto colombiano, a continuación, se presenta una tabla que resume para cada uno, las características básicas.

Tabla 23. Análisis comparativo comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

#	I	II	III	IV	V
Propósito	Intercambio de información en torno a gestión eficiente de la energía, conciencia de consumo de energía, conciencia ambiental.	Gestión de DER instalados en edificios de carácter comunitario (Hospital, escuelas, municipalidades)	Compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros de la comunidad que se encuentran ubicados en la misma zona. Comunidad de prosumidores	Compartir recursos energéticos provenientes de autogeneración o generación distribuida entre miembros que se encuentran en la zona geográfica de influencia o por fuera de esta	Transar energía entre comunidades energéticas ya establecidas

#	I	II	III	IV	V
Agrupación de usuarios	Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, sin que pertenezcan a una misma zona geográfica. En este modelo, los actores involucrados son los iniciadores, la comunidad alrededor del edificio comunitario, las entidades gubernamentales	se pueden agrupar individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, ubicados en la misma área donde se encuentra la edificación comunitaria donde se tiene la instalación de generación o de aprovechamiento energético.	hay miembros prosumidores y otros consumidores, todos los miembros, sin importar el rol que cumplen, deben estar ubicados geográficamente en las proximidades de la fuente de energía renovable, y que además de la autogeneración, también puede haber vehículos eléctricos y/o gestión eficiente de la energía	Pueden agruparse individuos o entidades, residencial o industrial, tanto de zona urbana como rural, que pertenezcan o no a una misma zona geográfica. Pueden incluir los actores del sistema tradicional de energía y los actores adicionales para CE. Se involucran actores los siguientes: Consumidores, prosumidores, operadores de red, plataformas de intercambio energético, inversores	Involucra un numero grande de actores, que hacen más complejo el funcionamiento y control de la comunidad energética: Consumidores, agentes de trading energético, reguladores de tarifas, TDS, operadores de red, inversores, comunidad, asamblea
Arquitectura	Sólo tiene componentes básicos ubicados en el dominio Usuario y distribución. No hay intercambio de información a las capas superiores del modelo SGAM	Adicional al caso anterior, aparecen componentes en el Dominio DER, lo que conlleva a intercambios con las capas Comunicación e Información del modelo SGAM	Los casos de Uso ya no son solo primarios, sino que también aparecen de Alto nivel. Los componentes actúan incluso en la capa de funciones.	Los componentes se ubican en varios dominios, hasta el nivel de Transmisión y la capa de Negocios. Los intercambios de información y componentes entre capas son de alta complejidad.	Es el único tipo de CE con componentes ubicados en el dominio TSO. Los intercambios y flujos de información, tanto interno entre capas como entre capas, es de alta complejidad.
Modelos de negocio	Sólo existen las capas de energía y gobernanza: Una agrupación de usuarios con un interés común y algún esquema simple de organización entre ellos. Aun no consideran aspectos de infraestructura tecnológica ni mercados energéticos.	Además de los miembros y recursos de generación, se incluyen recursos tecnológicos que permitan el uso comunal de la energía como sistemas AMI o plataformas simples de gestión de información de generación y consumo de la aplicación o instalación comunitaria. No hay otro tipo de intercambios comerciales.	Este esquema transaccional involucra a los miembros junto con las infraestructuras tecnológicas particulares y comunitarias. Se requiere un modelo de negocio como el P2P y un esquema de gobernanza definido.	Se hacen presentes todas las capas, con representación activa en cada una de ellas. La capa de energía tiene más puntos de intercambio, se cuenta con mayor infraestructura tecnológica y los actores como DSO y reguladores son obligatorios. Transversalmente, el esquema de gobernanza puede ser más complejo para involucrar más actores y funciones.	En esta infraestructura se deben relacionar los actores de una CE con lo de la otra, crear esquemas de gobernanza complementarios y modelos de negocios que permitan comercializar la energía entre comunidades.

#	I	II	III	IV	V
Esquemas de gobernanza	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.	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, Se integra el prosumidor, constituido por la edificación y dentro del mercado se integran los inversionistas	Muchos o todos los miembros de la comunidad son autogeneradores y consumidores de energía, involucra líneas de flujo de energía (de autogeneración y del SIN), líneas de información, líneas financieras (inversiones y de tarifas de la energía que se intercambia al interior de la CE). La toma de decisiones relevantes es realizada por asamblea realizada una vez al año, y por los miembros del órgano administrativo que corresponde.	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 lo que es necesario que entre en juego otro actor que se denomina agente o plataforma virtual,	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. La toma de decisiones se hace más compleja y por tanto debe ser más cuidadosa. 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 relacionadas con inversiones relacionadas con la ampliación de la red, esquema tarifario global, reglas de agregación

3. RECOMENDACIONES

Para la definición de los actores, roles y responsabilidades, los esquemas de gobernanza, transaccionales y de la arquitectura tecnológica de los tipos de CE propuestos en este documento será necesario tener en cuenta algunas recomendaciones, así como también superar algunas barreras y dificultades como las que a continuación se enuncian:

- Para el establecimiento de una comunidad energética es necesario contar con estudios técnicos además de permisos y evaluaciones de impacto ambiental del lugar en el cual se va a ubicar la CE.
- Actualmente se presenta para los usuarios algunos desafíos para ingresar al mercado de energía; otorgándoles ingresos se puede obtener acceso a las redes y competir de manera equitativa y asequible con las empresas de servicios de energía. Además, se requeriría que los operadores de sistemas de distribución habiliten y faciliten las estructuras de energía comunitaria como proveedores de los servicios de energía.
- Con el fin de evitar problemas culturales relacionados con el desarrollo de energía comunitaria, es necesario educar a los usuarios potenciales de la comunidad para que estos conozcan sus beneficios, bien sean de índole economico o ambiental, según sea el modelo de CE que se vaya a implementar en el área.
- Es necesario involucrar a los diferentes actores participantes en la CE para discutir temas relacionados con la validación de los esquemas y modelos planteados.
- Previo a la implementación física del piloto de la CE, es necesario conceptualizar todos los aspectos relacionados con el esquema transaccional: modelo de negocios, tecnologías a utilizar y sistemas de intercambios.
- La definición de las características técnicas de las plataformas a usar, especificaciones de equipos de Smart grids están directamente relacionadas con los objetivos a cumplir, los modelos de negocio y los esquemas de gobernanza. Por lo tanto, se deben especificar todas las capas.
- La definición de los Casos de Uso se fundamenta en los objetivos y propósitos de la CE. Serán los miembros de la comunidad quienes determinen las ponderaciones de cada función.

ANEXO I

Figuras correspondientes con los referentes de arquitectura existentes en las comunidades energéticas mostrados en la Tabla 7.

Proyecto Fishfarm:

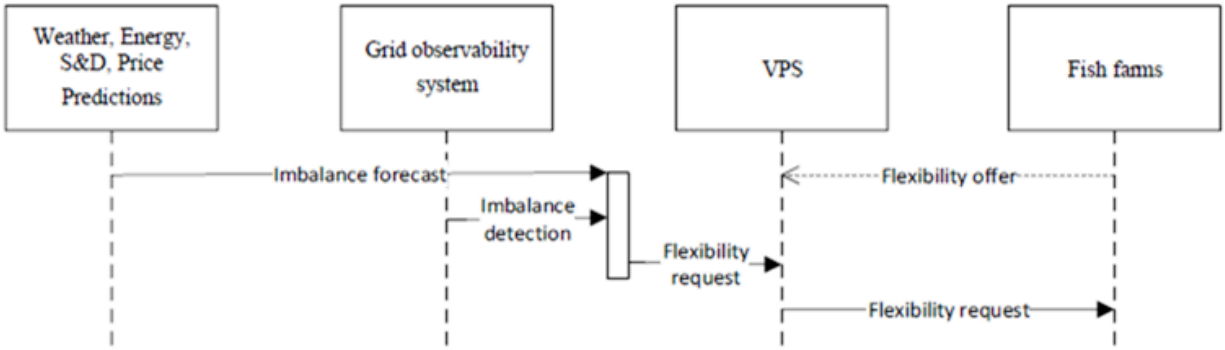


Figura 41. Diagrama de secuencia proyecto Fishfarm - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

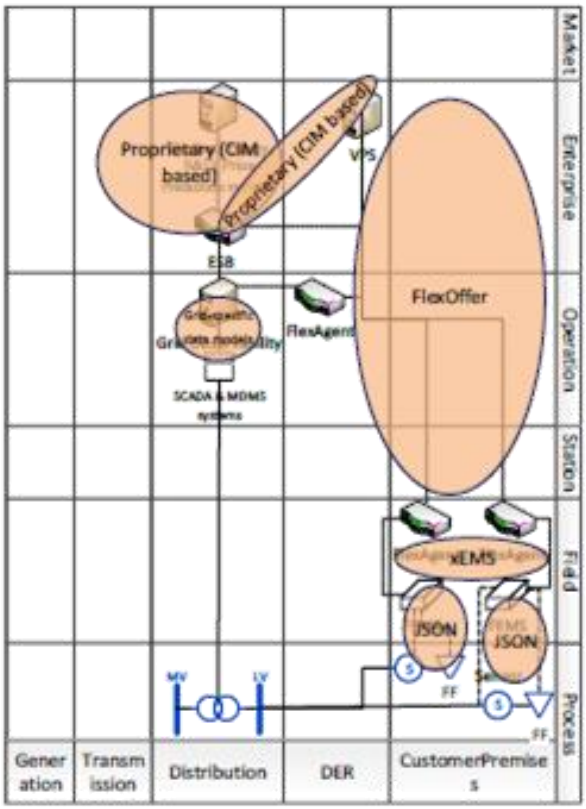


Figura 42. Diagrama SGAM datos proyecto Fishfarm - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

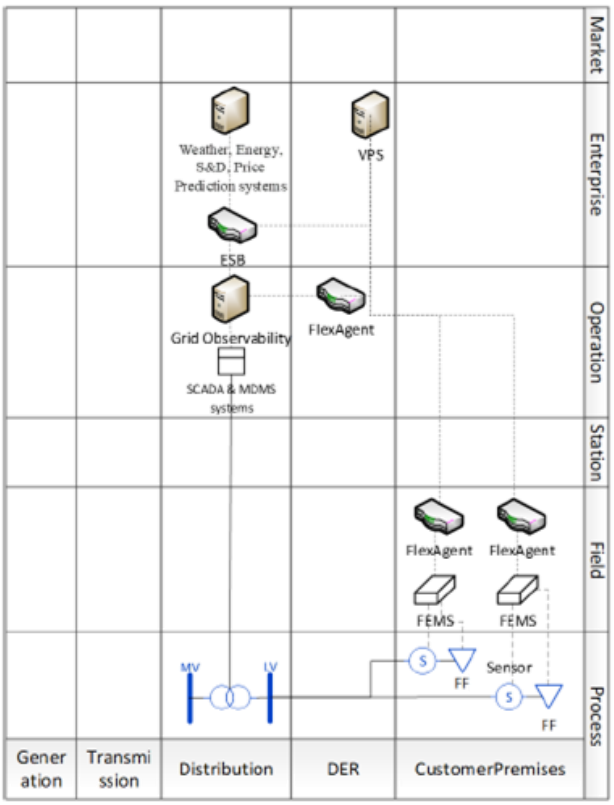


Figura 43. Diagrama SGAM componentes Proyecto Fishfarm - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Actors			
Grouping		**Group Description**	
Business Actor		Physical or legal Person that has his own interests, defined as "Business Goals"	
Operator		Business Actor that operates a system	
Logical Actor		Technical Entity that takes part in the execution of a Use Case. A Logical Actor can be mapped to a physical component.	
Actor name	***Actor type***	***Actor description***	***Further information specific to this use case***
DSO	Operator	Operator of the Distribution System	HLK Nett
BRP	Operator	Balance responsible party of the distribution system	HLK Kunde
Municipality	Business actor	Physical or legal Person that has his own interests, defined as "Business Goals"	Depends of Harstad municipality
Weather, Energy, S&D, Price Predictions	Weather Forecast and Observation System	System which intends to perform weather forecast and observation calculation and to distribute the calculated geospatially referenced information to all connected other systems such as Distribution management systems, Transmission management systems, DER/Generation management systems, EMS or VPPs systems for DER, … enabling in many cases optimized decision processes or automation	RDN, NTNU and ARMINES solutions
ESB	Systems Interfacing Support	Actor responsible for delivering & ensuring functional system interfaces	Solution performed by ICOM
Grid observability system	Network Operation Simulation	This actor performs network state estimation in order to allow facilities to define, prepare and optimize the sequence of operations required to solve or mitigate the predicted issues.	Solution performed by ODI
VPS Control center	Application	Software-based application or system	INEA solution
FlexAgent	Systems Interfacing Support	Actor responsible for delivering & ensuring functional system interfaces	Solution performed by INEA
Meter Reading and Control System	Application	Application or system responsible for Meter Reading and Control	Provides necessary information to the prediction system
Fish farms cluster	Operator	Business Actor that operates a system	The organizer of consumption optimization among fish farms
Fish farms	Consumer	End user of electricity and heat.	Organized as a cluster
Fish farms energy production	Distributed Energy Resource	Small unit which generates energy, and which is connected to the distribution grid. Loads which could modify their consumption according to external set points are often also considered as DER.	Fish are looking into switching their production to wind and wave power.

Figura 44. Relación actores Proyecto Fishfarm - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Proyecto Smart Harstad

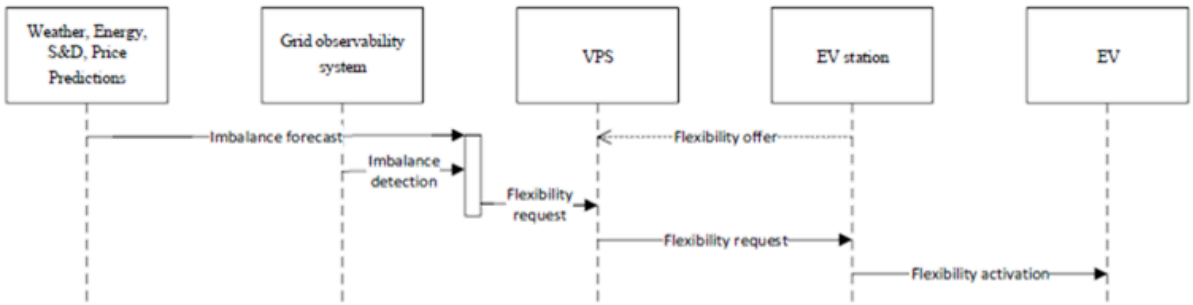


Figura 45. Diagrama de secuencia proyecto Smart Harstad - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

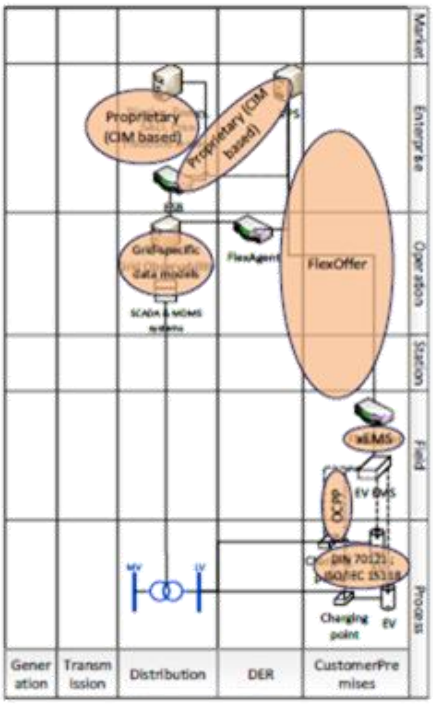


Figura 46. Diagrama SGAM datos proyecto Smart Harstad - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

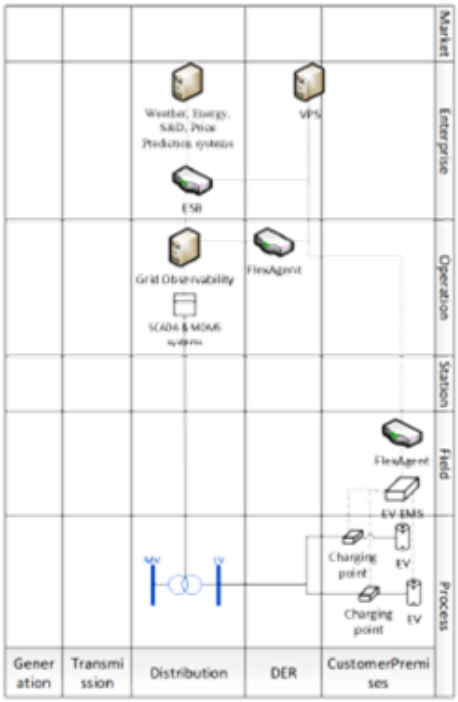


Figura 47. Diagrama SGAM componentes proyecto Smart Harstad - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Logical Actor		Technical Entity that takes part in the execution of a Use Case. A Logical Actor can be mapped to a physical component.	
Actor name	***Actor type***	***Actor description***	***Further information specific to this use case***
DSO	Operator	Operator of the Distribution System	HLK Nett
BRP	Operator	Balance responsible party of the distribution system	HLK Kunde
Municipality	Business actor	Physical or legal Person that has his own interests, defined as "Business Goals"	Harstad municipality is the LEC driver.
Weather, Energy, S&D, Price Predictions	Weather Forecast and Observation System	System which intends to perform weather forecast and observation calculation and to distribute the calculated geospatially referenced information to all connected other systems such as Distribution management systems, Transmission management systems, DER/Generation management systems, EMS or VPPs systems for DER, … enabling in many cases optimized decision processes or automation	RDN, NTNU and ARMINES solutions
ESB	Systems Interfacing Support	Actor responsible for delivering & ensuring functional system interfaces	Solution performed by ICOM
Grid observability system	Network Operation Simulation	This actor performs network state estimation in order to allow facilities to define, prepare and optimize the sequence of operations required to solve or mitigate the predicted issues.	Solution performed by ODI
VPS Control center	Application	Software-based application or system	INEA solution
FlexAgent	Systems Interfacing Support	Actor responsible for delivering & ensuring functional system interfaces,	Solution performed by INEA
Meter Reading and Control System	Application	Application or system responsible for Meter Reading and Control	Provides necessary information to the prediction system. Used by Home and industrial consumers.
EV station	Controller	Automation system located at station level monitoring and controlling the devices in the grid. It can provide interface to network control center.	The EV station manages the EV load.
EV charging control centre	Process component	A (usually cloud based) ICT tool for monitoring and control of operation of EV stations; it communicates with EV stations and with VPS (via FA)	

Figura 48. Relación actores Proyecto Smart Harstad - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Proyecto Procida:

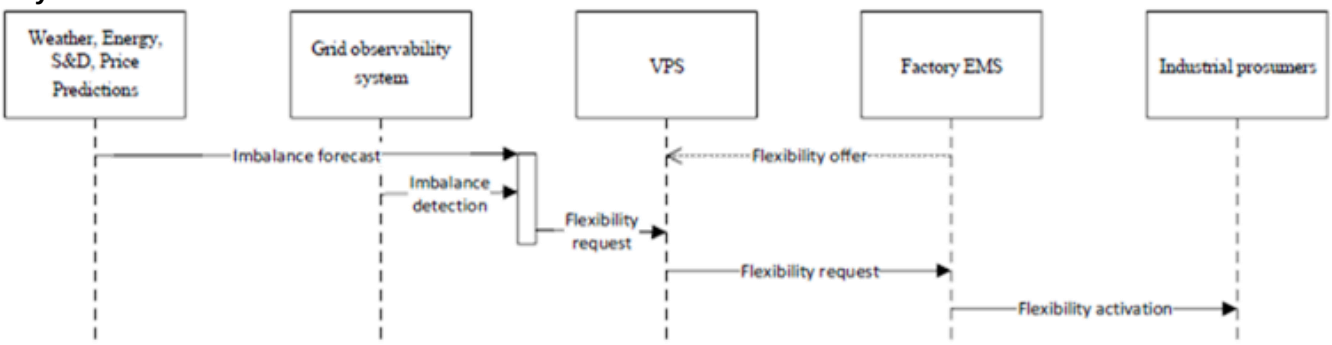


Figura 49. Diagrama de secuencia proyecto Procida - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

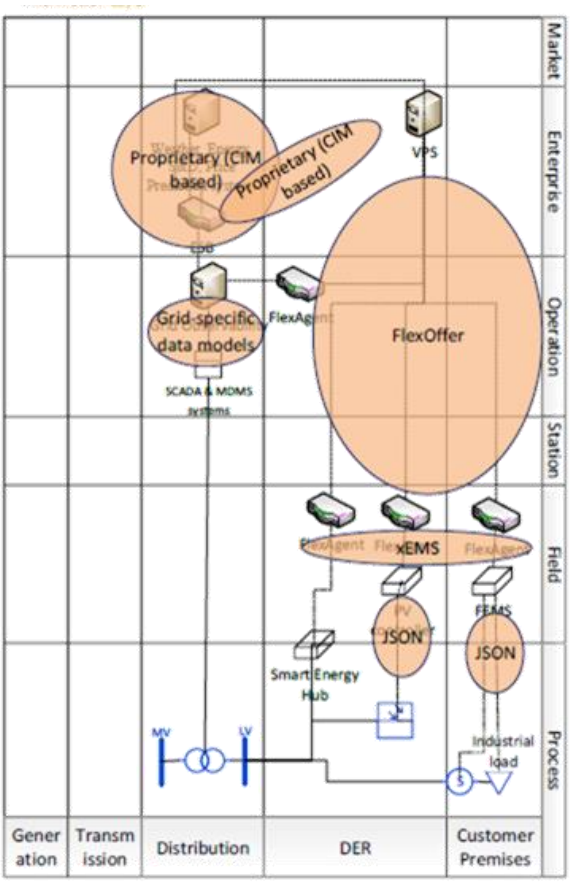


Figura 50. Diagrama SGAM datos proyecto Procida - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

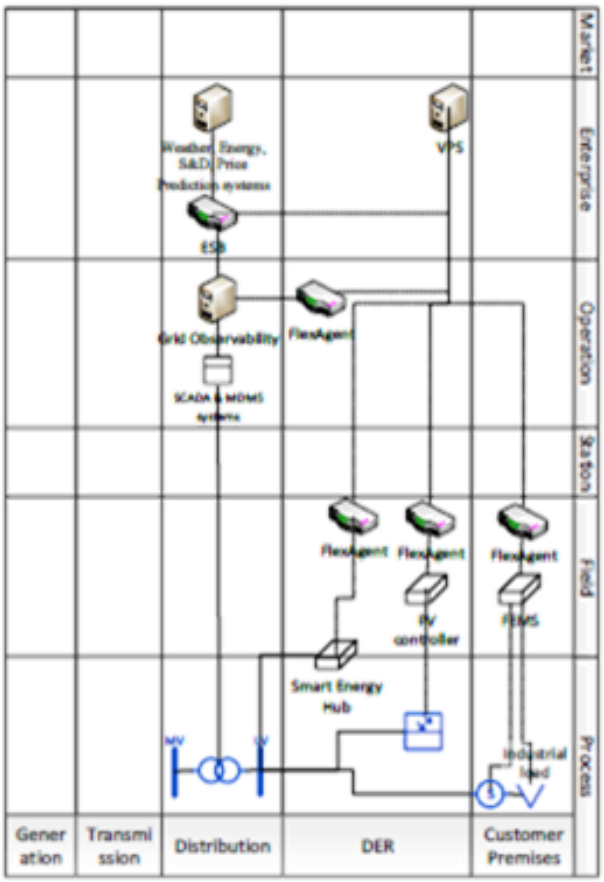


Figura 51. Diagrama SGAM componentes proyecto Procida - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Operator		Business Actor that operates a system	
Logical Actor		Technical Entity that takes part in the execution of a Use Case. A Logical Actor can be mapped to a physical component.	
Actor name	***Actor type***	***Actor description***	***Further information specific to this use case***
DSO	Operator	Operator of the Distribution System	Gets flexibility
BRP	Operator	Balance responsible party of the distribution system	
Municipality	Business actor	Physical or legal Person that has his own interests, defined as "Business Goals"	Depends of Procida municipality
Weather, Energy, S&D, Price Predictions	Weather Forecast and Observation System	System which intends to perform weather forecast and observation calculation and to distribute the calculated geospatially referenced information to all connected other systems such as Distribution management systems, Transmission management systems, DER/Generation management systems, EMS or VPPs systems for DER, … enabling in many cases optimized decision processes or automation	RDN, NTNU and ARMINES solutions
ESB	Systems Interfacing Support	Actor responsible for delivering & ensuring functional system interfaces	Solution performed by ICOM
Grid observability system	Network Operation Simulation	This actor performs network state estimation in order to allow facilities to define, prepare and optimize the sequence of operations required to solve or mitigate the predicted issues.	Solution performed by ODI
VPS Control center	Application	Software-based application or system	INEA solution
FlexAgent	Systems Interfacing Support	Actor responsible for delivering & ensuring functional system interfaces,	Solution performed by INEA
Meter Reading and Control System	Application	Application or system responsible for Meter Reading and Control	Provides necessary information to the prediction system
PV controller	Switch Controller	An IED that controls any switchgear. It enables the control from remote centers (tele-control) and also from related automatics. It supervises the command execution and gives an alarm in case if improper ending of the command. It can also ask for releases from interlocking, synchrocheck, autoreclosure if applicable.	Provides flexibility by curtailing the PV production.
PV	Distributed Energy Resource	Small unit which generates energy and which is connected to the distribution grid. Loads which could modify their consumption according to external set points are often also considered as DER	Procida is the lighthouse for integrating renewables in the grid.
Factory EMS	Demand Response Management System	Demand Response Management System (DRMS) is a system or an application which maintains the control of many load devices to curtail their energy consumption in response to energy shortages or high energy prices.	Responsible for the flexibility management in factories.
Industrial Consumer	Business actor	An industrial consumer of electricity may also be involved in contract-based Demand/Response.	Provides flexibility to the DSO
Smart energy hub	Battery Controller	An IED that provides data about battery status and controls the charging/de-charging cycles	Provides as well CHP. Situated in the city hall.

Figura 52. Relación actores Proyecto Procida - GIFT
Fuente: Tomado de (Sebilleau, 2019)

Proyecto Fever (caso de uso HLUC 15):

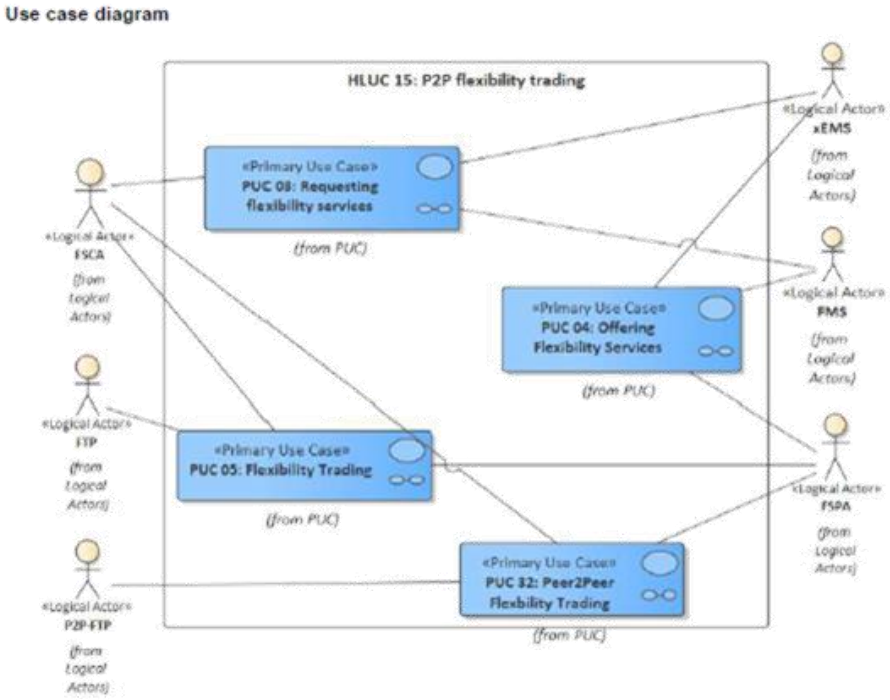


Figura 53. Diagrama caso de uso HLUC 15 Proyecto FEVER
Fuente: Tomado de (FEVER project, 2020b)

Proyecto Fever (caso de uso PUC 03):

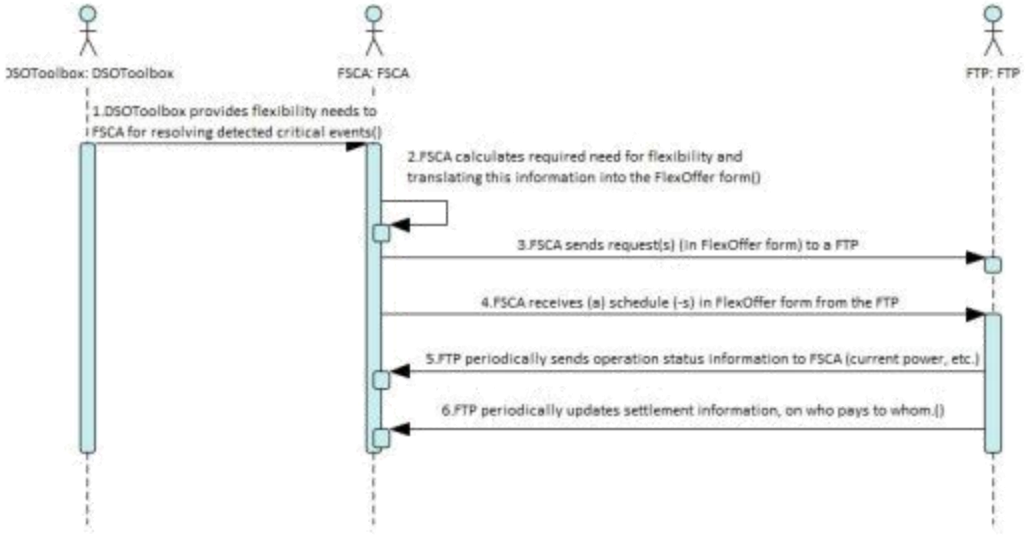


Figura 54. Diagrama de secuencia PUC03 Proyecto FEVER
Fuente: Tomado de (FEVER project, 2020a)

Proyecto Fever (caso de uso PUC 04):

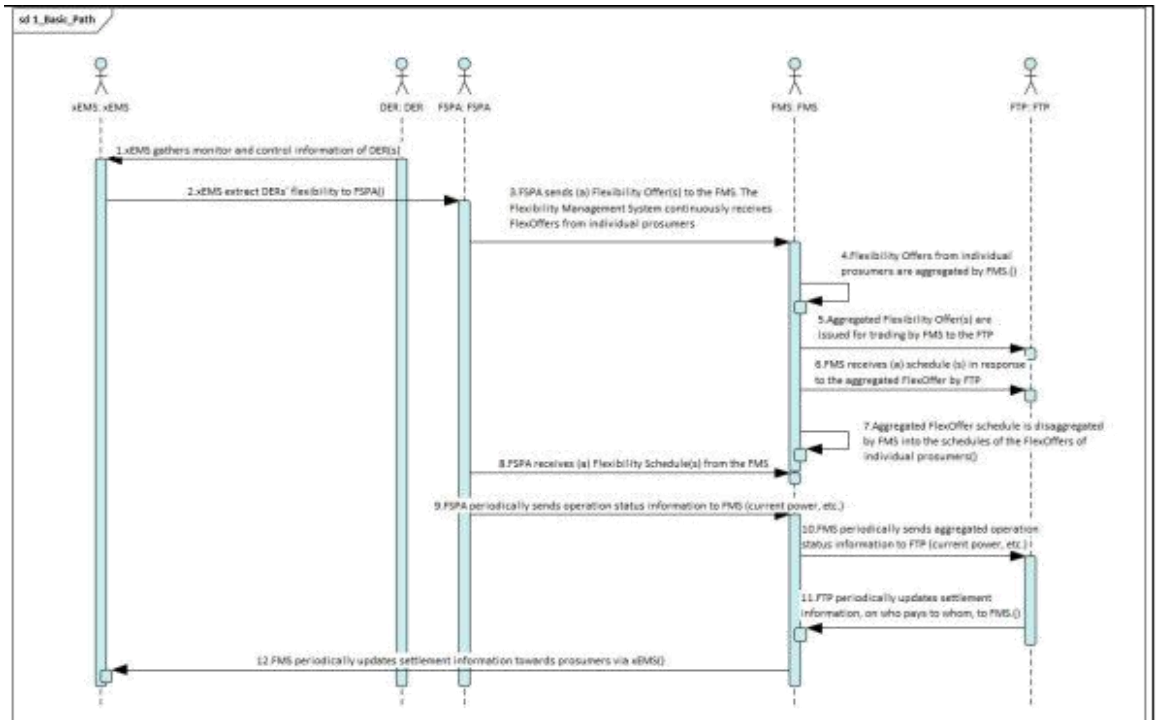


Figura 55. Diagrama de secuencia PUC04 Proyecto FEVER
Fuente: Tomado de (FEVER project, 2020a)

Proyecto Fever (caso de uso PUC 05):

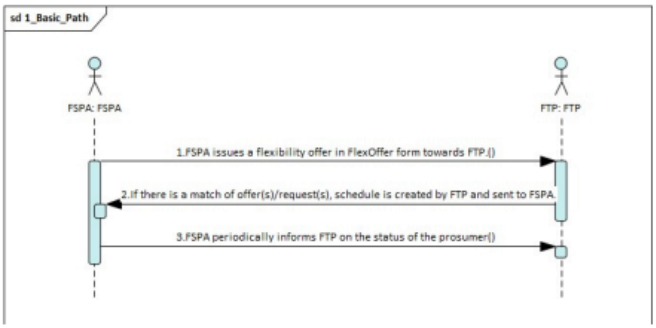


Figure 32 PUC5 Sequence diagram - Scenario 1

Figura 56. Diagrama de secuencia PUC05 Proyecto FEVER
Fuente: Tomado de (FEVER project, 2020a)

Proyecto Fever (caso de uso PUC 31):

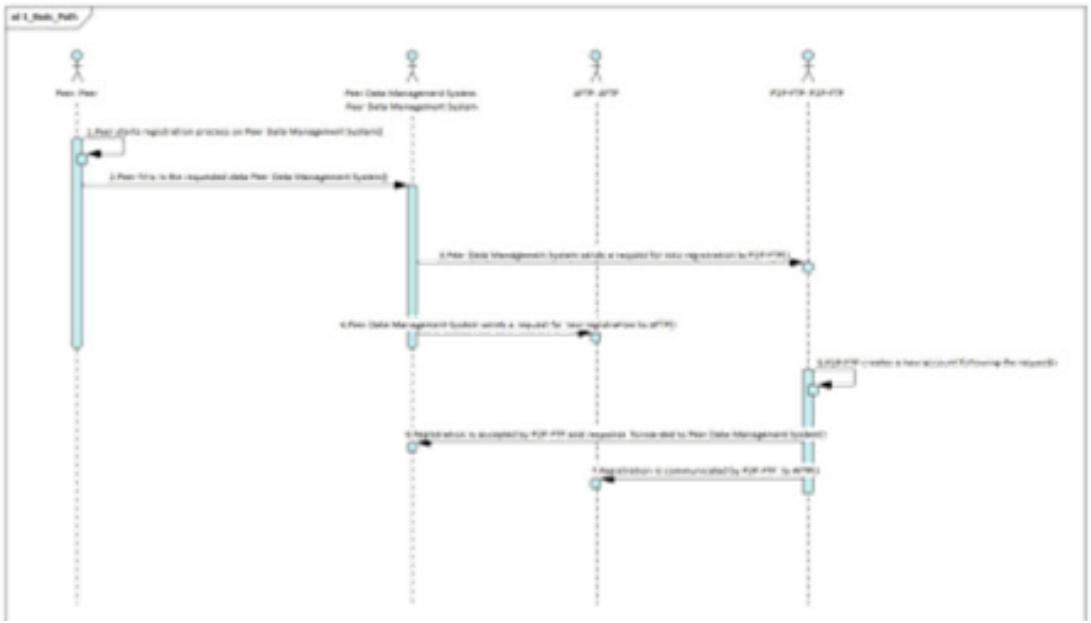


Figura 57. Diagrama de secuencia PUC31 Proyecto FEVER
Fuente: Tomado de (FEVER project, 2020a)

BIBLIOGRAFÍA

Avelin, F., Bosman, R., Paradies, G., Frantzeskaki, N., Pel, B., Akerboom, S., … Wittmayer, J. (2014). The (Self-)Governance of Community Energy: Challenges & Prospects. *Researchgate*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/265694629_The_Self-Governance_of_Community_Energy_Challenges_Prospects

Binod Prasad Koirala, Elta Koliou, Jonas Friege, Rudi A. Hakvoort, & Paulien M. Herder. (2016). Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (pp. 722–744).

Caicedo, E., Castillo, J., Morales, W., Echeverry, R., & García, J. D. (2017). *METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÖN DE PROYECTOS SMART GRIDS EN COLOMBIA* (U. del V. UPME, BID, EMCALI, EPSA, Ed.). Cali, Colombia.

Chrysanthopoulos, N., Papadaskalopoulos, D., & Strbac, G. (2021). *Characterization of new flexible players*. Retrieved from https://traderes.eu/wp-content/uploads/2021/07/D3.2_CharacterizationNewFlexiblePlayers.pdf

Coomeva. (2019). Coomeva. Retrieved from https://www.coomeva.com.co/dirigencia/publicaciones/54009/gobernanza-cooperativa-de-que-hablamos/

de la Tierra, A. (2020). *Comunidades energéticas de éxito – Comunidades energéticas*.

de Navarra, G. (2019). *Plan Energético Horizonte 2030 Anexo: Comunidades Energéticas*.

de São José, D., Faria, P., & Vale, Z. (2021). Smart energy community: A systematic review with metanalysis. *Energy Strategy Reviews*, *36*, 100678. https://doi.org/10.1016/J.ESR.2021.100678

Estructura del Sector | CREG. (n.d.). Retrieved October 4, 2021, from https://www.creg.gov.co/sectores/energia-electrica/estructura-del-sector

Faia, R., Soares, J., Pinto, T., Lezama, F., Vale, Z., & Corchado, J. M. (2021). Optimal Model for Local Energy Community Scheduling Considering Peer to Peer Electricity Transactions. *IEEE Access*, *9*, 12420–12430. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051004

Franzl, G. (2021). *Technical Framework on Local Energy Communities (TF-LEC) Vol.1 Version 0.5 - First trial release* (Vol. 1). https://doi.org/10.34726/722

IRENA. (2020). Community-ownership Models. Innovation landscape brief. *Innovation Landscape Brief*, 169–178.

Lawrence, D. (2020). Energía Solar Comunitaria: Participación ciudadana para la transición energética en Colombia - Blog Universidad EIA. Retrieved September 13, 2021, from http://comunidad.eia.edu.co/blog/energia-solar-comunitaria-participacion-ciudadana-para-la-transicion-energetica-en-colombia/

Lowitzsch, J., Hoicka, C. E., & Van Tulder, F. J. (2020). Renewable energy communities under the 2019 European Clean Energy Package-Governance model for the energy clusters of the future? The recast of the European Union Renewable Energy Directive (RED II) entered into force in. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *122*, 109489. https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109489

PROSEU. (2020). *Prosumers for the Energy Union: mainstreaming active participation of citizens in the energy transition . Business Models for prosumer in Europe* (Vol. 2020).

Reis, I., Gonçalves, I., Lopes, M., & Henggeler, C. (2021). Business models for energy communities: A review of key issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *144*, 111013. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111013

Rutauno. (n.d.). Rutauno. Retrieved from https://www.rutauno.cr/nosotros/sobre-el-fideicomiso/estructura-de-gobernanza

Sacri, J. (2020). Lo que de verdad quieres saber sobre comunidades energéticas. Retrieved September 20, 2021, from https://sapiensenergia.es/2020/05/05/que-es-una-comunidad-energetica-conceptos-basicos/

Stephan Cejka, Ksenia Poplavskaya, Carolin Monsberger, M. S. (2021). *Blockchain technology and peer-to-peer trading in energy communities: A regulatory perspectiveNo Title*.

The Quartierstrom project. (2020). Quartierstrom. Retrieved from https://quartier-strom.ch/index.php/en/homepage/

Tounquet, F., De Vos, L., Abada, I., Kielichowska, I., & Klessmann, C. (2019). Energy Communities in the European Union - Revised final report. In *ASSET Project*. Retrieved from https://asset-ec.eu/wp-content/uploads/2019/07/ASSET-Energy-Comminities-Revised-final-report.pdf

Verkade, N., & Höffken, J. (2019). Collective Energy Practices: A Practice-Based Approach to Civic Energy Communities and the Energy System. *Sustainability*, *11*, 3230. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/333711819_Collective_Energy_Practices_A_Practice-Based_Approach_to_Civic_Energy_Communities_and_the_Energy_System

Vladimir Z. Gjorgievski, Snezana Cundeva, & George E. Georghiou. (2021). Social arrangements, technical designs and impacts of energy communities: A review. *Renewable Energy*, 1138–1156.

Zhao, S., Wang, B., Li, Y., & Li, Y. (2018). Integrated energy transaction mechanisms based on blockchain technology. *Energies*, *11*(9). https://doi.org/10.3390/en11092412

Colombia inteligente

Red colaborativa para habilitar y acelerar la transformación del sector eléctrico

Datos de contacto
Teléfono: +(574) 444 12 11 ext.190 - 171 - 117
Dirección: Carrera 46 # 56 – 11, Edf. Tecnoparque Piso 13
Medellín – Colombia
e-mail: difusión@colombiainteligente.org
Página Web: www.colombiainteligente.org
Twitter: @colombiaintelig

CONVENIO DE COOPERACION INTERNACIONAL GGC No. 632 de 2021 CELEBRADO ENTRE EL MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA Y CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT)

Alianza

Comunidades Energéticas

Referenciamiento

Elaborado por:

JUAN MOLINA C.
LUISA BUITRAGO A.
SANDRA TÉLLEZ G.
SANDRA GIRALDO R.

Medellín
Octubre, 2021

Alianza

Seguimiento

Versión	Elaboró	Revisó	Aprobó	Descripción modificación	Fecha

EN REVISIÓN

NOTA DE RESPONSABILIDAD –

Las opiniones que contenga este documento son parte de un ejercicio en desarrollo de identificación y análisis sectorial para consolidar acciones de transformación del sector eléctrico colombiano y no necesariamente representan la opinión oficial de una organización, entidad o empresa.

La veracidad de los datos recopilados y utilizados en el presente documento no es puesta en duda por parte de Colombia Inteligente, no haciéndose responsable por su exactitud ni su integridad. Los análisis, proyecciones y estimaciones que se presentan en este documento reflejan distintos supuestos definidos por el grupo de trabajo, los cuales podrán o no estar sujetos a discusión.

La información contenida en este documento de trabajo podrá ser reproducida en cualquier medio o formato siempre y cuando se mencione explícitamente a Colombia Inteligente.

Colombia Inteligente
Todos los derechos reservados 2021 ©

El documento se realizó bajo el marco del Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético (PIGCC M-E) desarrollado por el Ministerio de Minas y Energía con el apoyo del Centro de Investigación de Agricultura Tropical con el objetivo de reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y la promoción de un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial, fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la Industria.

Grupo de Trabajo Colaborativo Demanda Activa

Grupo de trabajo conjunto y colaborativo mediante el desarrollo de sesiones de trabajo que contó con la participación de representantes de las siguientes empresas y entidades:

- **CELSIA S.A. E.S.P.**
- **COMITÉ ASESOR DE LA COMERCIALIZACIÓN - CAC-.**
- **ENEL-CODENSA S.A. E.S.P.**
- **AIR-E S.A. E.S.P.**
- **EMCALI S.A. E.S.P.**
- **EMPRESA PÚBLICAS DE MEDELLÍN E.S.P.**
- **MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.**
- **UNIDAD DE PLANEACIÓN MINIERO ENERGÉTICA – UPME.**
- **UNIVERSIDAD DEL VALLE.**
- **UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA.**
- **XM S.A. E.S.P - FILIAL GRUPO ISA.**

Presentación del Documento

Para que la transformación energética sea posible es necesario contar con una serie de actores tales como los consumidores, instituciones locales y entes gubernamentales que estén más involucrados y alineados en los diferentes mecanismos que busquen crear un sistema energético que sea eficiente, colaborativo, y descentralizado, y que ayuden de igual manera a luchar contra el cambio climático.

Uno de estos mecanismos es el desarrollo de una comunidad energética. Las comunidades energéticas son importantes dado que permiten articular a sus ciudadanos entorno a sus necesidades energéticas y sostenibilidad de su territorio. A su vez, gestionar la integración de diversas tecnologías; generación de energía a través de fuentes renovables, el uso de medidores inteligentes que ayuden al empoderamiento del usuario y este tenga un mayor control sobre sus consumos de energía, la implantación de cargadores y el uso de vehículos eléctricos que ayuden a mejorar la calidad del aire, la implementación de microrredes y el uso de almacenamiento de energía térmica que permita calentar o enfriar espacios.

De acuerdo al estudio del 2019 (Colombia Inteligente, 2019) se ve la necesidad de definir reglas que permitan la generación, el consumo, almacenamiento y comercialización de la energía al interior de comunidades energéticas, de tal manera que se permita la interacción entre usuarios y sea posible compartir los recursos al interior de la comunidad. De igual manera también es necesario disponer de una metodología que permita la liquidación de la energía tranzada y que establezca las condiciones para que los diversos consumidores puedan compartir las instalaciones de autoconsumo y almacenamiento de energía.

En ese contexto, el objetivo del este documento es identificar los diferentes modelos de comunidad energética y las experiencias internacionales y nacionales para evaluar en el contexto de Colombia, identificar los criterios, estructura y guía para el desarrollo de las comunidades energéticas en el país.

En la primera sección se describen los diferentes estudios y acciones desarrollados en el país y que han servido de base para lograr la transformación del usuario, y sea más consciente de sus consumos de energía y por lo tanto sea un usuario más empoderado, entre ellos se destaca el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético[1], la estrategia de desarrollo de los programas de respuesta de la demanda desarrollada por Colombia Inteligente entre el 2017 a 2020 (Colombia Inteligente, 2019), recomendaciones para el desarrollo de las microrredes y esquemas asociados en el país (CIGRE Colombia, 2021), la propuesta de hoja de ruta de la misión de transformación del Ministerio de Minas y Energía[2], entre otras acciones establecidas por ley, tales como la Ley 2069 de 2020 y la Ley 2099 de 2021, entre otras iniciativas en curso.

En la segunda sección se estable que dada la incursión de las nuevas tecnologías en el sector energético y los sistemas eléctricos, la creciente participación de las energías renovables en las matrices energéticas, el desarrollo de nuevos mercados que promueven la participación activa de los usuarios finales de la energía y la preocupación global por la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, han dado origen a varios esquemas energéticos que presentan similitudes y diferencias entre sí y en el que se describen sus los conceptos identificados que guardan relación con las comunidades energéticas y dimensiones requeridas para su desarrollo tales como los esquema de agrupación de usuarios, los tipos de recursos energéticos que se utilizan, los tipos de modelos de negocio habilitados y los esquema de gobernanza. Luego de analizar de las dimensiones y componentes asociados a las comunidades energéticas, en la Tabla 12, se presentan los elementos necesarios que se deben tener en cuenta para desarrollar un modelo de comunidades energéticas para Colombia.

[1] http://servicios.minminas.gov.co/documents/10180/23517/47915-res_40807_020818.pdf

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

En cada una de las columnas aparece un aspecto o elemento a determinar en cada caso. Así, para definir una comunidad energética es necesario conocer su esquema de agrupación de usuarios, esquema de agrupación de recursos energéticos, modelo de negocio y esquema de gobernanza.

Tabla 1. Esquemas de gobernanza
Fuente: Elaboración propia

Agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo de negocio	Esquemas Gobernanza
• Vecinos de un edificio de viviendas • Municipios, Barrios • Islas • Cadenas o gremios de negocios • Autoridades locales • Comunidades indígenas	• Comunidad solar • Comunidades eólicas • 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	• Agregador • Intercambio entre pares (P2P) • Energía como servicio (EaaS) • Propiedad comunitaria • Pago por uso (PAYG) • Transacciones de energía – varios modelos	• Cooperativa • Organización sin ánimo de lucro • Asociación • Fideicomisos comunitarios • Sociedad • Corporación • Compañía de responsabilidad limitada

En tercera sección se presentan casos internacionales y nacionales de casos de éxito y proyectos piloto sobre comunidades energéticas y relacionados como las plantas de energía virtual residencial (sistemas de generación renovable y baterías) populares en Alemania y Australia, granjas solares, distritos térmicos y proyectos P2P. Se presenta de forma general características como objetivos, descripción del piloto o proyecto, resultados más sobresalientes, lecciones aprendidas y mejores prácticas de estos casos de estudio.

A continuación, se establece un cuadro comparativo entre las características generales de cada comunidad energética por país, lo que permite diferenciar y hallar las similitudes entre ellas.

Tabla 2. Análisis comparativo comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Alemania	Distribución, suministro y producción de energía	Cooperativa. Asociación abierta y voluntaria. Y sociedades limitadas. Solo miembros locales. Sistemas moderadamente descentralizados	PV, eólica, hídrica, biomasa. Calor y gas. Vehículos eléctricos. Servicios de ahorro energético	Tasa menor de energía. Distribución de divididos anuales (2-3.5%). Reinversión de beneficios en proyectos renovables y tecnología. Excedente de energía se vende y se reinvierte en proyectos de este tipo o en proyectos para beneficio de la comunidad. Pagos por almacenamiento e inyección a la red
Holanda	Producir, almacenar y compartir su propia energía. Operar su propia micro red y participar del mercado de energía. Compensar CO2	Cooperativas de asociación abierta y voluntaria la mayoría. Membresía limitada: asociaciones de propietarios, asociaciones energéticas. Miembros cerca de la utility	PV. Baterías. DR y P2P co sistema de distribución. Distrito térmico. CHP. Eólico. Vehículos eléctricos	Generación y suministro, autoconsumo a sus miembros. Tasa de descuento en la factura energía. Tarifas dinámicas de electricidad

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Bélgica	produce y suple de electricidad verde. Desarrollar proyectos de energía sustentable, descentralizados y democráticos. Reducir emisiones CO2	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	Generación, venta, compartición, distribución 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	La producción, almacenamiento, consumo propio o venta de energía eléctrica o térmica o de refrigeración de plantas de fuentes de energía renovables o de cogeneración de energía eléctrica de alta eficiencia, o plantas híbridas establecidas en la región donde se encuentra la sede de la C.E. o incluso dentro de la región vecina de la C.E	Cooperativas civiles. Miembros personas físicas o jurídicas, de derecho público o privado, y autoridades locales y regionales, así como sus empresas. Ningún miembro puede pertenecer a más de una CE, salvo que se trate de una persona jurídica pública o de una autoridad local. Para constituir una CE se requiere la presencia mínima de cinco miembros. El 50% debe ser de a la zona de CE	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	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
Portugal	Generación, venta, compartición, distribución electricidad a partir de renovables.	Participación abierta y voluntaria. Publico privado, naturales	solar, almacenamiento	-
Dinamarca	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
Australia	Generación renovable, venta, distribución, compartición, almacenamiento	Cooperativas, organizaciones comunitarias de naturaleza social	Solar, eólica, hidro y térmico	-
USA	Producción, autoconsumo, distribución, compartición, comercialización.	Cooperativas locales	eficiencia energética. Solar. CHP. Smart grid. Eólica	-
Costa Rica	Electricidad a comunidades aisladas	Cooperativas locales aisladas, principalmente zona rural	solar, batería	-

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Brasil	Producción, autoconsumo, distribución, compartición, comercialización.	Cooperativas solares, comunidades con pobreza energética	Solar, biomasa, hídrica	Microred
Chile	Producción, autoconsumo	Cooperativas comunidades rurales	solar	-

Con base en la revisión de conceptos y modelos nacionales e internacionales para desarrollar un modelo de Comunidades Energéticas en Colombia se requieren evaluar diferentes lineamientos divididos principalmente en 2 grupos: trabajo en comunidad y recomendaciones habilitadoras de la comunidad.

Trabajo en comunidad:

Estos lineamientos están relacionados directamente con los actores de la comunidad energética y el contexto en el cual se desenvuelven.

- Conocer y hacer trabajo previo con los actores y posibles miembros de la comunidad energética para conocer sus intereses y necesidades en torno a los cuales se desarrollará la comunidad.
- Entender el contexto particular (área, clima, actividad económica, etc.) en el que se va desarrollar la comunidad energética.
- Buscar asociaciones, agrupaciones, agremiaciones que se dediquen a actividades particulares y que puedan tener como interés común la energía y otros beneficios, más allá de beneficios económicos.
- Las comunidades requieren un mayor conocimiento para constituir, administrar y poseer proyectos de energía. Particularmente aquellas ubicadas en zonas alejadas. Por lo que es necesario implementar programas y estrategias de capacitación relacionadas con comunidades energéticas.
- La participación de las partes interesadas es clave para el establecimiento, las operaciones y la gestión de futuros proyectos de energía comunitaria.

Recomendaciones habilitadoras:

Estos lineamientos incluyen aquellas labores que pueden habilitar el desarrollo de una comunidad energética, bien sea de orden regulatorio o técnico.

- Estudiar en detalle la disponibilidad de recursos energéticos para todas las épocas del año y posibles condiciones de operación, de esta forma se puede estructurar mejor el modelo de negocio a seguir.
- Se necesitan estrategias de políticas eficaces a nivel nacional y local para fomentar el establecimiento y la gestión de comunidades energéticas.
- Resulta complejo definir un único modelo de comunidad energética. Tendrá múltiples variaciones en función de las características propias de cada comunidad.
- Comprender las necesidades de la comunidad es fundamental para encontrar soluciones energéticas efectivas para ella. En general, se centran en el uso de los nuevos recursos energéticos ignorando los enfoques inclusivos y participativos necesarios para lograr energía democrática.
- Las lecciones de casos de estudios internacionales son de utilidad para el contexto nacional, pero deberán contextualizarse y adaptarse a las necesidades, recursos y oportunidades únicos de cada región del país.
- A la hora de establecer un modelo de comunidad es necesario conocer su esquema de agrupación de usuarios, esquema de agrupación de recursos energéticos, modelo de negocio y esquema de gobernanza.

La evaluación de estos lineamientos será insumo para identificar los posibles modelos, criterios, estructura y guía para el desarrollo de las comunidades energéticas en el país.

Tabla de Contenido

Presentación del Documento **5**

1. TRANSFORMACIÓN DEL USUARIO **12**

1.1. Plan Integral de Gestión de Cambio Climático - PIGCCme 12
1.2. Respuesta de la demanda: Estrategia Mitigación de GEI 13
1.3. Regulación, normativa y nuevos mercados en el sector eléctrico colombiano 17
1.4. Misión de Transformación MINENERGIA 18
1.5. Iniciativas Ministerio de Minas y Energía 19
1.6. Normativas referentes 20

2. COMUNIDAD ENERGÉTICA **22**

2.1. Conceptos relacionados 22
2.2. Definiciones y conceptos 22
2.3. Agrupación de usuarios 27
2.4. Recursos energéticos 28
2.5. Modelos de negocio 28
2.6. Esquemas de gobernanza 30
2.7. Modelos de comunidad energética 31

3. CASOS DE ESTUDIO **32**

3.1. Experiencias internacionales 32
3.1.1. Europa 35
3.1.2. Asia y Oceanía 66
3.1.3. África 70
3.1.4. América 71
3.2. Experiencias nacionales 78
3.3. Análisis comparativo 85

4. LINEAMIENTOS BASE PARA COLOMBIA **87**

BIBLIOGRAFÍA **88**

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Habilitadores para los programas RD 14
Figura 2. Esquema de interacción del sistema de almacenamiento ciudadano energético 15
Figura 3. Esquema de interacción del sistema de almacenamiento comunidad energética 16
Figura 4. Esquema de interacción del sistema de almacenamiento ciudades energéticas....16
Figura 5. Tabla de similitudes y diferencias en las definiciones de comunidades 17
Figura 6. Esquema de Comunidades Energéticas. 23
Figura 7. Ejemplo de comunidades energéticas renovable (REC) 24
Figura 8. Servicios que puede ofrecer una CEC 25
Figura 9. Comparación de actividades de RECs y CECs) 25
Figura 10. Ejemplos de propuestas de valor asociadas a las comunidades energéticas....26
Figura 11. Esquema de beneficios y ventajas de las Comunidades Energéticas....26
Figura 12. Esquemas de Comunidades Energéticas 30
Figura 13. Transición Red convencional a Comunidad energética local 32
Figura 14. Fuentes de energía para un distrito térmico. 33
Figura 15. Comunidades energéticas en EU....36
Figura 16. Diagrama comunidad eólica....37
Figura 17. Comunidad eólica Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog....38
Figura 18. Ubicación parques eólicos comunitarios....39
Figura 19. Planta de bioenergía en Jühnde 40
Figura 20. Hogares y ayuntamiento, Freidburg....41
Figura 20. Comunidades energéticas en Holanda 42
Figura 21. Cooperativa eólica Kennemerwind, Holanda 43
Figura 22. Grunenger Power comunity....43
Figura 23. Comunidad energética flotante, Schoonschip....44
Figura 24. Vista Parque solar Isla Ameland10 45
Figura 25. Parque Eolico windpark krammer 46
Figura 37. Comunidad Energética de Plymouth....48
Figura 36. Comunidad energética Walenstadt, Suiza 49
Figura 26. Ubicación y tipo de REScoops en Bélgica 51
Figura 27. Comunidades energéticas en España 53
Figura 28. Som Energia y Generación kWh 54
Figura 29. Instalación solar Comunidad Energética Local de Albalat dels Sorells – AlternaCoop 55
Figura 30. Cubierta con cerca de 300 paneles solares Comunidad energética Compten, Crevillent....56
Figura 31. Comunidad energética Monachil....57
Figura 32. Estructura distribución energía generada por CE 58
Figura 33. Comunidad energética Madrid 58
Figura 34. Comunidad Solar....60
Figura 35. Comunidad energética de Esparza 61
Figura 38. Comunidad energética Copérnico....63
Figura 39. Comunidades energéticas en Grecia....64
Figura 40. Esquema jardines solares Enova....67
Figura 41. Hepburn Wind. Cooperativa energética 68
Figura 42. Granja solar comunitaria Majura 69
Figura 43. Comunidad energética en Vanuatu....69
Figura 44. Parque solar Samoa Americana 70
Figura 45. Comunidades solares y estados con políticas públicas para CE en USA 72
Figura 46. Zona de influencia en Rio de Janeiro. Piloto Pilar 76
Figura 47. Cooperativas solares en Brasil....77
Figura 48. Configuración distrito térmico La Alpujarra 79
Figura 49. Distrito térmico La Alpujarra....79
Figura 50. Distrito térmico CC Lo Nuestro, Montería 80
Figura 51. Distrito térmico Serena del Mar, Cartagena....80
Figura 52. Esquema de microrred de generación eléctrica solar....81

Figura 53. Sistema solar en ranchería Wayuú 83
Figura 54. Paneles solares instalados en comuna 13....84
Figura 55. Esquema sistema transactivo P2P – Comunidad Solar....84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Esquemas de gobernanza....6
Tabla 2. Análisis comparativo comunidades energéticas 6
Tabla 3. Componentes y líneas estratégicas del PIGCCme 12
Tabla 4. Contenido Foco 3 misión de transformación....18
Tabla 5. Ganadores reto de cultura energética 2020....19
Tabla 6. Conceptos relacionados con comunidades energéticas 22
Tabla 7. Definiciones concepto comunidades energéticas 23
Tabla 8. Agrupación de usuarios....27
Tabla 9. Recursos energéticos....28
Tabla 10. Modelos de Negocio....29
Tabla 11. Esquemas de gobernanza....31
Tabla 12. Modelos de comunidad energética 31
Tabla 13. Proyectos P2P....34
Tabla 14. Proyectos impulsados por comunidades energéticas en Holanda 46
Tabla 15. Proyectos comunidades energéticas África 71
Tabla 16. Proyectos de inversión fotovoltaicos 82
Tabla 17. Análisis comparativo comunidades energéticas 85

1. TRANSFORMACIÓN DEL USUARIO

Para que la transformación energética sea posible es necesario contar con una serie de actores tales como los consumidores, instituciones locales y entes gubernamentales que estén más involucrados y alineados en los diferentes proyectos que busquen crear un sistema energético que sea eficiente, colaborativo, y descentralizado, y que ayuden de igual manera a luchar contra el cambio climático.

Uno de estos proyectos es el desarrollo de una comunidad energética. Las comunidades energéticas son importantes dado que permiten articular a sus ciudadanos entorno a sus necesidades energéticas y sostenibilidad de su territorio. A su vez, gestionar la integración de diversas tecnologías; generación de energía a través de fuentes renovables, el uso de medidores inteligentes que ayuden al empoderamiento del usuario y este tenga un mayor control sobre sus consumos de energía, la implantación de cargadores y el uso de vehículos eléctricos que ayuden a mejorar la calidad del aire, la implementación de microrredes y el uso de almacenamiento de energía térmica que permita calentar o enfriar espacios.

En Colombia, se han desarrollado diferentes estudios y acciones que han servido de base para lograr la transformación del usuario, y sea más consciente de sus consumos de energía y por lo tanto sea un usuario más empoderado, entre ellos se destaca el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético[3], la estrategia de desarrollo de los programas de respuesta de la demanda desarrollada por Colombia Inteligente entre el 2017 a 2020 (Colombia Inteligente, 2019), recomendaciones para el desarrollo de las microrredes y esquemas asociados en el país (CIGRE Colombia, 2021), la propuesta de hoja de ruta de la misión de transformación del Ministerio de Minas y Energía[4], entre otras acciones establecidas por ley, tales como la Ley 2069 de 2020 y la Ley 2099 de 2021, entre otras iniciativas en curso.

A continuación, se describen los elementos principales de cada una de las mencionadas anteriormente.

1.1. Plan Integral de Gestión de Cambio Climático - PIGCCme

El PIGCCme (Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del sector minero-energético) fue adoptado a través de la resolución 40807 de 2018 del ministerio de minas y energía. y tiene como objetivo reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y promover un desarrollo bajo en carbono a nivel sectorial, fortaleciendo y protegiendo la sostenibilidad y competitividad de la industria minero-energética. Este documento se encuentra estructurado en tres componentes, cada uno de estos con sus respectivas líneas estratégicas, las cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Componentes y líneas estratégicas del PIGCCme
Fuente: Elaboración propia

Componente	Objetivo	Líneas estratégicas
Adaptación	Atender dos principales impactos negativos generados por los riesgos climáticos sobre la industria: Afectación a la producción minero energética y aumento de conflictividad por afectación a los territorios.	• Infraestructura resiliente • Planeación de corto y largo plazo • Gestión del entorno • Información para la adaptación
Mitigación	Desarrollar estrategias y acciones que generen condiciones adecuadas para mantener y promover de forma costo-efectiva la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en el Sector Minero Energético.	• Eficiencia energética • Generación de energía • Gestión de la demanda • Emisiones fugitivas
Gobernanza	Generar las condiciones para el desarrollo, implementación y seguimiento de los	• Gestión financiera

[3] http://servicios.minminas.gov.co/documents/10180/23517/47915-res_40807_020818.pdf

[4] https://www.minenergia.gov.co/documents/10192/24265561/Informes+segunda+fase+MTE.pdf/e3811f3c-c4f3-40d3-85e6-664d171c298a

	objetivos de reducción de emisiones de GEI y aumento de resiliencia ante las amenazas generadas por el cambio climático	• Monitoreo Reporte y Verificación (MRV) • Gestión del conocimiento • Operatividad • Cooperación y desarrollo resiliente

Este informe se enfoca en el componente de mitigación a través de la línea estratégica de gestión de la demanda, la cual busca reducir la diferencia de consumo de energía eléctrica entre horas pico y valle, gestionar la generación de energía eléctrica en horas valle a partir de fuentes no contaminantes y promover para la futura implementación de tecnologías como las redes inteligentes y las tarifas dinámicas.

1.2. Respuesta de la demanda: Estrategia Mitigación de GEI

En el año 2019 Colombia Inteligente realizó un estudio sobre la respuesta de la demanda como una estrategia para la mitigación de gases de efecto invernadero, este documento dividido en 5 secciones, i) Gestión de la demanda para la mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ii) Estrategias metodológicas para el monitoreo de GEI iii) Respuesta de la demanda (RD), iv) Programas de respuesta de la demanda en Colombia, y v) Monitoreo para la mitigación de GEI con programas RD.
En la primera sección se describen los antecedentes de la gestión de la demanda. También se describen los compromisos de mitigación de emisiones de GEI adoptados por Colombia en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC)como país miembro de la Conferencia de las Partes (COP). Adicionalmente, se presentan las líneas estratégicas para la adopción de mecanismos de reducción de GEI, que fueron adoptadas por el Ministerio de Minas y Energía, particularmente la línea de gestión eficiente de la demanda. en esta línea, se muestran las normas y políticas que habilitadoras que permitirían que Colombia, cumpla los compromisos de reducción de emisiones de GEI.

La segunda parte del informe muestra las diferentes metodologías disponibles para el monitoreo de GEI, a nivel internacional y local. Tales como:

- GHG Protocol: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.
- ISO 14064 Validación y verificación de GEI.
- PAS 2050 y 2060. British Standard Institution (BSI).
- Bilan Carbone ®.
- Metodología para consumos de electricidad desplazados con el fin de lograr una generación de bajas emisiones.

A nivel nacional:

- Sistema de Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (SINGEI).
- RENARE.
- Calculadora de emisiones (UPME) FECOC.
- Factor de emisión- FE.

En segundo lugar, en esta sección se describe la línea base de emisiones según la realiza el GHG protocol el cual propone, que línea base de emisiones es función del factor de emisión que se tenga en un periodo horario determinado multiplicado por el delta de energía que se dejó de consumir durante ese periodo.

La tercera sección del informe hace referencia a los programas de RD existentes los cuales se basan en precios y en incentivos. De igual manera, se analizan varios mercados que presentan un alto grado de desarrollo en materia de la participación de RD y las sinergias con sistemas de almacenamiento de energía (AE). El almacenamiento de energía se divide en tres subtemas a saber: almacenamiento de energía térmico, donde se incluyen aires acondicionados, producción de aguas sanitarias y el precalentamiento o preenfriamento de espacios.
En segundo lugar está el almacenamiento de energía eléctrico, en este subtema se incluye el traslado de generación solar o fotovoltaica el cual se puede utilizar para autoconsumo o para la venta a la red y también se incluye el almacenamiento basado en baterías, el tercer subtema se refiere a los sistemas de manejo energético a nivel de comunidades o distritos térmicos y sus aplicaciones, a nivel mundial se han desarrollado aproximadamente

150 proyectos de ciudades inteligentes, algunos de estos proyectos son: *GlowSmarter, MAtchUP, RUGGEDISED, Replicate, Sharing cities (Londres, Lisboa y Milan), Smile Project*. Adicionalmente, se analiza el estado actual del desarrollo e implementación de sistemas de AE a nivel global y se revisa la participación de la RD en mercados de Estados Unidos, Alemania y Francia.

Finalmente, en la tercera parte de esta sección se describe la Línea Base de Consumo (LBC). Uno de los principales atributos o características de los programas de RD es la construcción la LBC, ya que de esta depende la liquidación de los incentivos de participación para los usuarios.

En la cuarta sección se describen los aspectos a considerar en el diseño de programas RD, las preferencias que tendría un usuario para utilizar un programa, que habilitadores se requieren para el uso amplio de los programas y la definición de criterios mínimos para diseñar un programa RD.

Figura 1. Habilitadores para los programas RD
Fuente: Tomado de (Colombia Inteligente, 2019b)

Por último, en la cuarta sección se muestran los niveles de agrupación de los DER (recursos energéticos distribuidos), estos pueden analizarse desde 3 niveles: usuario o individuo: representado por cada ciudadano, comunidad: simbolizada por la agrupación de individuos y ciudad: la unión armoniosa de todos los elementos que conforman una sociedad (gobierno, usuarios, edificaciones, movilidad, desarrollo y economía).

Como primer nivel se encuentra el ciudadano energético, este se define como se define como aquel que es capaz de gestionar de manera independiente la energía que consume, produce o almacena. En la Figura 2 se muestra la manera en que un ciudadano energético puede hacer gestión de la energía indicando, las señales operativas que podría realizar como gestor activo de un programa de RD.

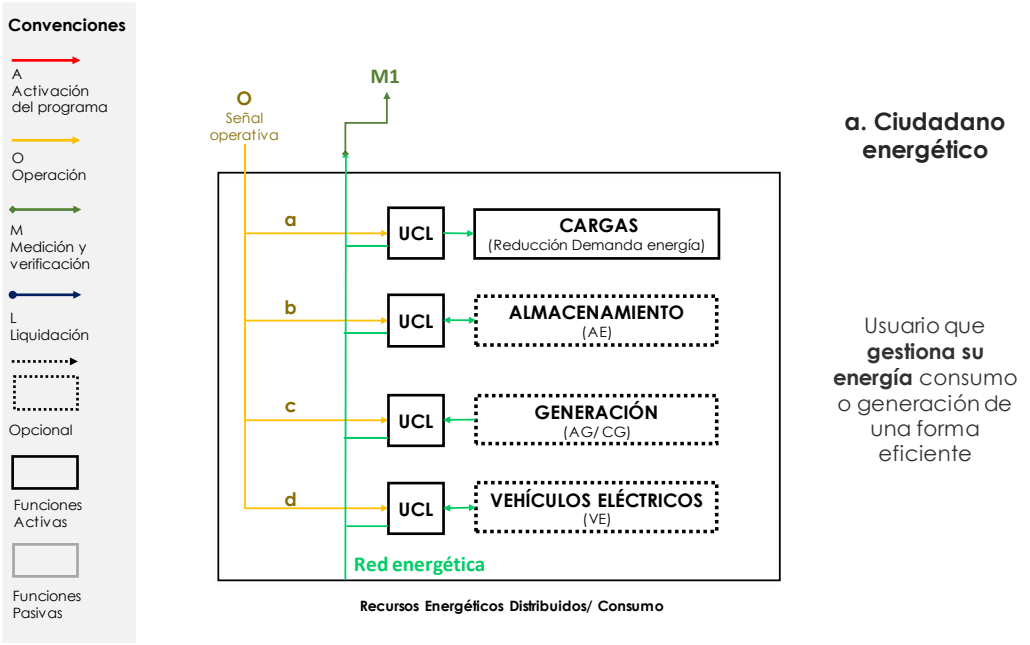


Figura 2. Esquema de interacción del sistema de almacenamiento ciudadano energético
Fuente: Tomado de (Colombia Inteligente, 2019b)

Las señales operativas están dadas por tarifas, acuerdos con agentes, u ofertas que realicen al usuario; estas señales pueden ser enviadas directamente por parte del agente al usuario, a través del Sistema de Gestión de Energía para los usuarios que decidan automatizar sus preferencias energéticas o de forma autónoma por parte del usuario de querer modificar sus hábitos de consumo. Similarmente, el sistema de almacenamiento podría ser gestionado de forma directa por el usuario o de forma automática por medio del EMS, de manera paralela con los sistemas de generación distribuida. De acuerdo con las preferencias y acuerdos que establezca el usuario, podrá tomar energía de la red para cargar el sistema de AE o vehículos eléctricos; según los acuerdos que se tengan con el agente prestador del servicio (comercializador o agregador).

En el segundo nivel se encuentra la comunidad energética, esta se puede definir como aquella donde interactuan un grupo de ciudadanos energéticos que toman un papel activo en el uso de su energía ofreciendo beneficios medioambientales, económicos o sociales a sus miembros o a la localidad en la que se encuentra definida.

Este concepto puede ser mas ambicioso si se habla de comunidad inteligente, al incorporar el uso de TICs y la gestión inteligente en pro de la innovación y el desarrollo de la comunidad local. La Figura 3 muestra la manera como se presentan las interacciones entre los ciudadanos energeticos para conformar una comunidad.

Las señales operativas están dadas por tarifas, acuerdos con agentes, u ofertas que realicen al agente encargado de representar y gestionar a la comunidad energética. Las señales operativas son enviadas a cada miembro de la comunidad desde el Sistema Comunitario de Gestión de Energía (CEMS por sus siglas en inglés); estas señales pueden ser enviadas directamente por parte del agente centralizador, a través del Sistema de Gestión de Energía para los miembros de la comunidad que decidan automatizar sus preferencias energéticas o de forma manual para usuarios que no dispongan de un EMS para que cada miembro modifique sus hábitos de consumo. Al igual que en el caso del ciudadano energético, los sistemas de generación, almacenamiento y vehículos eléctricos pueden ser gestionados automáticamente mediante los EMS o de forma manual por parte de los usuarios.

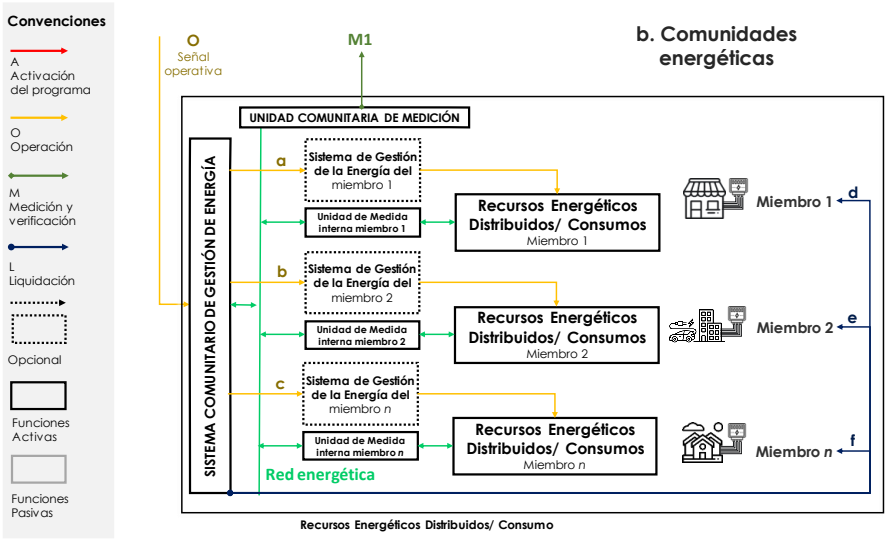


Figura 3. Esquema de interacción del sistema de almacenamiento comunidad energética
Fuente: Tomado de (Colombia Inteligente, 2019b)

En el tercer nivel se encuentra la ciudad energética, se muestra como aquella donde existe la interrelación entre comunidades y ciudadanos energéticos, que gestionan de manera inteligente, la generación y el almacenamiento de energía como parte integral del uso racional y eficiente de la energía, así como de la participación activa que empiezan a tener los usuarios finales en la cadena de energía, por ejemplo, por medio de programas RD.

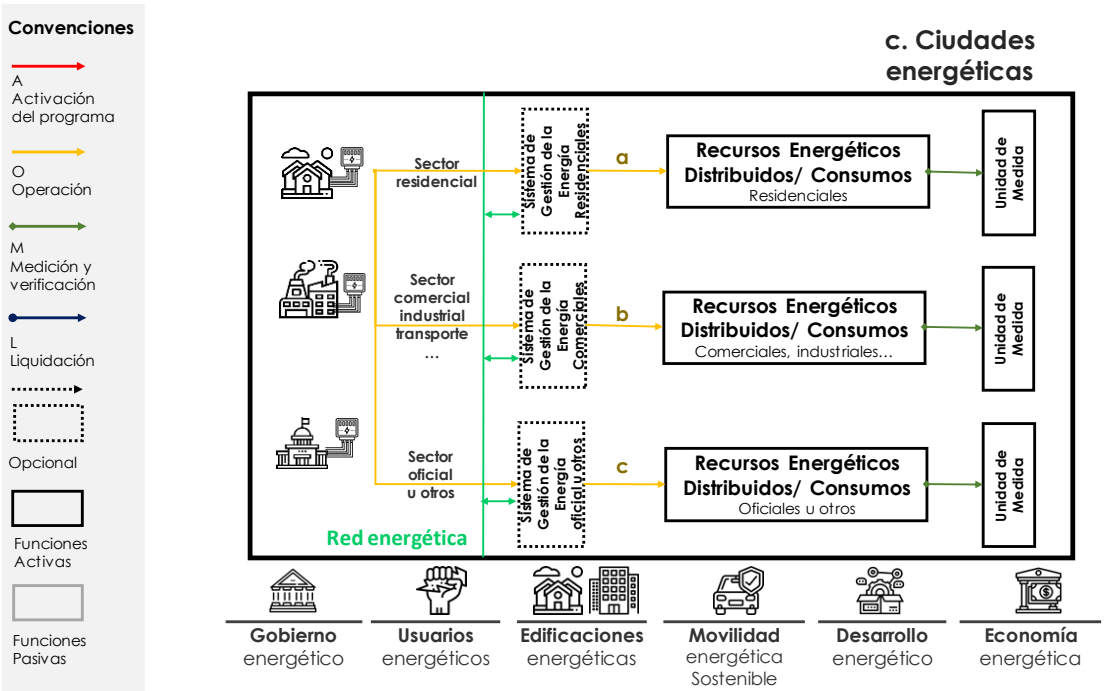


Figura 4. Esquema de interacción del sistema de almacenamiento ciudades energéticas
Fuente: Tomado de (Colombia Inteligente, 2019b)

A nivel de comunidades y ciudades energéticas, el control del sistema debe permitir que la energía que no se almacena en un sistema individual pueda ser almacenada en otro sistema integrante, teniendo en cuenta la capacidad máxima de almacenamiento para no generar problemas en la red de la comunidad, o de la ciudad. Lo anterior genera múltiples alternativas para generar una comunidad energética en función de su alcance social, energético y de mercado.

1.3. Regulación, normativa y nuevos mercados en el sector eléctrico colombiano

CIGRE Colombia desarrolló un documento donde describen recomendaciones regulatorias, políticas, normativas y para la constitución de nuevos mercados, las cuales, se deben tenerse en cuenta para la implementación de microrredes en Colombia tanto a nivel comercial, industrial como residencial (CIGRE Colombia, 2021). El documento profundiza temas relacionados con las microrredes, sus componentes, operación y control y los ambientes de simulación de acuerdo a la norma IEEE 2030.7 y 2030.8. de igual forma, el documento trata temas sobre los mercados de las microrredes, considerando los agentes involucrados, tales como prosumidores, agregadores y comunidades energéticas, las cuales se conciben de acuerdo al conjunto de normas denominado "Energía Limpia Para Todos los Europeos", utilizado para determinar la política energética más ambiciosa de Europa hasta el año 2030 presentado por la Comunidad Europea. En el reporte de la Comunidad Europea, se determinaron los conceptos de Comunidades Ciudadanas de Energía y Comunidades de Energía Renovable (CEC y REC respectivamente por sus siglas en inglés) acogidos de forma respectiva por la Directiva del Mercado Eléctrico y la Directiva de Energías Renovables (Directiva (UE) 2018/2001 del Parlamento Europeo).

Las comunidades de energía, término que abarca los conceptos CEC y REC, han tenido un fuerte impulso y se están formalizando y propagando por el territorio europeo. En las Directivas se pueden leer los conceptos de cada tipo de comunidad, donde se encuentra en común que son entidades legales basadas en la participación abierta y voluntaria, cuyos socios o miembros son personas físicas, autoridades locales, incluyendo municipios o pequeñas empresas, son los que tienen el control efectivo sobre la comunidad; donde el objetivo es proporcionar beneficios a los participantes en torno a lo ambiental, económico o social, más no en lo relacionado con lo financiero.

Sin embargo, cada definición contenida en las Directivas cuenta con aspectos que marcan diferencias entre los dos tipos de comunidades, mientras que las REC se enfocan en proyectos de energías renovables, en las CEC no es necesario delimitar los proyectos a este tipo de energías.

En la siguiente figura, se evidencian las características similares y diferentes de cada tipo de comunidad según las Directivas, donde se destaca que en cada caso se busca una finalidad diferente: los proyectos CEC busca propiciarlos como un nuevo actor del mercado y los proyectos REC busca apostar a la descarbonización fomentando el uso de tecnologías verdes.

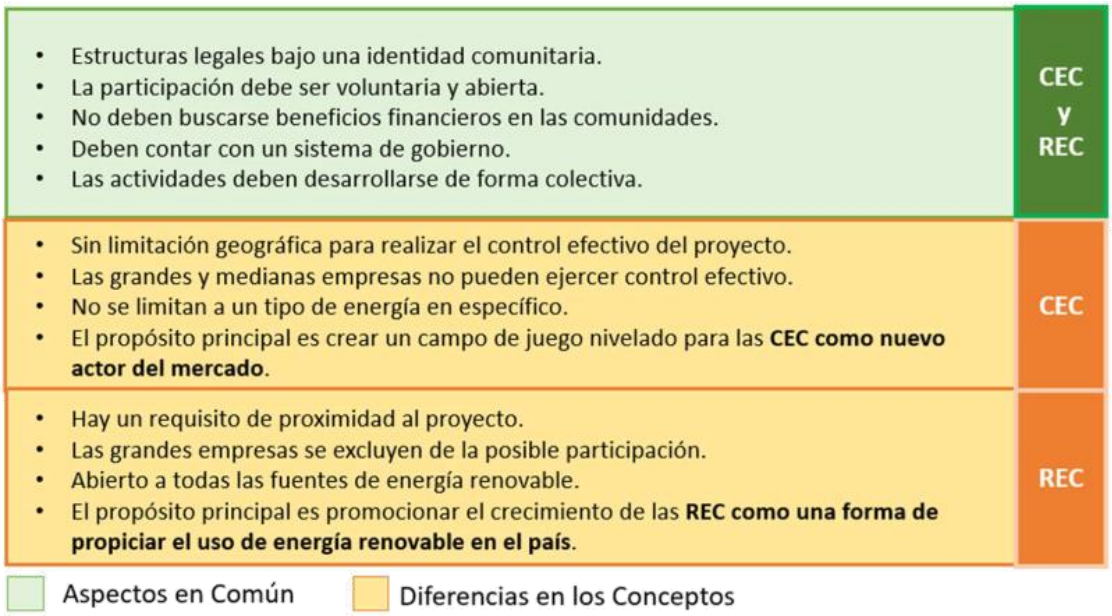


Figura 5. Tabla de similitudes y diferencias en las definiciones de comunidades
Fuente: Tomado de (CIGRE Colombia, 2021)

Interesa resaltar que las comunidades de energía tienen una implicación en el mercado por todas las cadenas del sector en las que pueden participar según lo argumenta su concepto, indicando que las comunidades de energía están en tendencia de convertirse en un nuevo actor del mercado europeo que ha venido emergiendo. Este reconocimiento conlleva a una etapa de regulación que debe evitar que se vulneren los principios establecidos en el mercado actual, ni que se creen barreras o distorsiones indebidas.

Otro de los temas abordados por este documento la arquitectura de mercado para las DER y las microrredes, la cual cuenta con una sección que abarca las transacciones de energía en las comunidades energéticas, en este tema se debe considerar que si la actividad de la comunidad no se restringe a la generación y venta de energía generada, sino que esta energía es utilizada para el propio autoconsumo colectivo de los miembros, se debe contar con algún sistema que permita el intercambio de energía en la comunidad. La administración y gestión de una red de distribución utilizada para tal fin puede ser por parte total o parcial de la misma comunidad, sin embargo, un proveedor de servicios de distribución también puede tomar la operación de la red comunitaria. La regulación es la encargada de definir el alcance que puede tener la comunidad sobre la red que utiliza y cómo es la interacción con el agente usual que presta servicios de operación de red.

Las comunidades de energía deben cumplir con los deberes y responsabilidades según las funciones ya definidas en el mercado actual que desempeñen, por ejemplo, en los trabajos relacionados en darle equilibrio al sistema cuando se operan redes: si se encuentra un operador del sistema de distribución apoyando a la comunidad de energía, este puede tomar la responsabilidad del equilibro del sistema, en caso contrario, la comunidad debe responder por la implementación de estrategias de equilibrio y asumir gastos financieros en casos de presentarse desequilibrios.

1.4. Misión de Transformación MINENERGIA

Este documento está basado en la visión de 20 expertos nacionales e internacionales con el fin de desarrollar la hoja de ruta para lograr un sistema energético sostenible, eficiente, confiable y al servicio de todos los colombianos, para lograr dicho objetivo se plantean 5 focos de transformación:

1. Competencia, participación y estructuración del mercado eléctrico.
2. El gas natural en la transformación energética (abastecimiento, suministro y demanda).
3. Descentralización, digitalización, y gestión eficiente de la demanda de energía.
4. Cierre de brechas, cobertura y calidad del servicio (focalización de servicios).
5. Revisión del marco institucional y regulatorio.

El foco 3 comprende los avances de digitalización y descentralización del sector los cuales son aptos para una economía altamente electrificada, modernización y planeación integral de los sistemas de distribución, creación de una plataforma de intercambios de estos servicios, recursos energéticos distribuidos, fomento de gestión de la demanda, y redes inteligentes.

El foco 3 está compuesto como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4. Contenido Foco 3 misión de transformación
Fuente: Elaboración propia

Sección	Descripción
Objetivo	Analizar las condiciones actuales de los sistemas de distribución en Colombia, la identificación de elementos regulatorios que propician o desincentiven: i) la modernización de la redes de distribución, ii) la incorporación y masificación de los DER, iii) el establecimiento de esquemas de respuesta de la demanda, y iv) la modernización de los estándares de planeamiento técnico de las redes de distribución, y finamente, la formulación de algunas propuestas preliminares para adecuar las condiciones identificadas
Marco normativo	• Políticas gubernamentales • Regulación actual

Sección	Descripción
Categorización y desempeño de las empresas distribuidoras	
Modernización de los sistemas de distribución	• Estado del arte • Practicas empleadas e información a los agentes • Metodología propuesta por segmento • Requisitos y mecanismos de despliegue de AMI • Automatización, supervisión y control
Proceso de conexión de DER	• Estado del arte • Prácticas empleadas • Propuestas complementarias • Movilidad eléctrica e industria eléctrica
Fomento gestión de la demanda	• Marco legislativo y marco regulatorio que rige la respuesta de la demanda en Colombia • Antecedentes locales • Barreras de la implementación de RD en Colombia • Esquemas o mecanismos para desplegar RD en Colombia • Características de los programas de RD propuestos • Medidas de gestión de demanda como integrales o sustitutos • Canales para facilitar la integración de RD y formas de compensación • Alternativas para facilitar la integración de RD en el mercado mayorista
Planeación eficiente de los sistemas de distribución	• Estado del arte • Prácticas empleadas e información de agentes • Metodología propuesta • Elementos de la hoja de ruta preliminar
La perspectiva del cliente final	

Con respecto al fomento de la gestión de la demanda la misión de transformación plantea varias alternativas para que los usuarios tengan poder de decisión sobre sus consumos, basados en programas de respuesta de la demanda tales como: tarifas de tiempo de uso, control de cargas, ofertas RD, mercados auxiliares y tarifas de tiempo real.

1.5. Iniciativas Ministerio de Minas y Energía

En el año 2020, el ministerio de minas y energía lanzó el “Reto Cultura Energética Colombia 2020” el cual buscaba una idea innovadora que incentive la cultura energética en los colombianos, especialmente en los consumidores residenciales, comerciales y de pequeñas industrias. El reto estuvo abierto a equipos de 3 a 5 personas que podían ser profesionales, estudiantes universitarios, o cualquier ciudadano interesado, los equipos podían brindar soluciones tales como programas, proyectos, dispositivos, aplicaciones tecnológicas, campañas de educación y mercadeo social, entre otras. El equipo ganador recibió: Acompañamiento técnico y financiero hasta por $30.000.000 para desarrollar y viabilizar la idea y la oportunidad de presentarse ante inversionistas que evaluaron la posibilidad de financiar completa o parcialmente el proyecto. El segundo, tercer, cuarto y quinto puesto tendrán la oportunidad de presentarse ante inversionistas que evaluarán la posibilidad de financiar completa o parcialmente el proyecto. Los ganadores del reto 2020 se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 5. Ganadores reto de cultura energética 2020
Fuente: adaptado de (Ministerio de Minas y Energía, 2020)

Puesto	Nombre de la propuesta	Descripción
Primero	Simi- sistema de medición inteligente	este proyecto facilita la transición de los medidores convencionales a los medidores avanzados prestando el servicio de captura, almacenamiento, gestión y visualización de los datos almacenados
Segundo	El mundo a medias	Serie audiovisual que fomenta la cultura energética a través del arte
Tercero	Iluz	“Iluz”, sistema de monitoreo de consumo de energía eléctrica que permite generar predicciones y prescripciones
Cuarto	Refrigeración por absorción	Refrigeración por absorción-solar térmica-biomasa residual-almacenamiento energético para mejorar la eficiencia energética y cultura energética en las plazas de mercado

Cabe resaltar que durante el 2021, MINENERGÍA lanzó el reto de innovación abierta “Comunidad Energética” con el fin de identificar propuestas y acciones para impulsar este tipo de iniciativas en el país. Así como la iniciativa Ciudades Energéticas que se describe en la sección 3.2.

1.6. Normativas referentes

Esta sección incluye la Ley 2069 de 2020 la cual impulsa el emprendimiento en Colombia, también se incluye la Ley 2099 de 2021 que está relacionada con la transición energética, en tercer lugar ,se incluye un proyecto de ley relacionado con las juntas de acción comunal, en cuarto lugar una normativa relacionada con la expansión de la cobertura del servicio de energía en las ZNI y en las zonas aisladas y por ultimo dos reglamentos que buscan regular las transferencias en el sector eléctrico en las Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales, Palenqueras y pueblos indígenas.

Ley 2069 de 2020:"Por medio del cual se impulsa el emprendimiento en Colombia"[5]

La presente Ley tiene por objeto establecer un marco regulatorio que propicie el emprendimiento y el crecimiento, consolidación y sostenibilidad de las empresas, con el fin de aumentar el bienestar social y generar equidad. De esta ley se debe resaltar el articulo 5 el cual es mecanismo exploratorio de regulación para modelos de negocio innovadores en industrias reguladas (sandbox). Dicho artículo busca facilitar el desarrollo de modelos de negocio que apalanquen e impulsen la economía de alto valor agregado y sostenible en distintos ámbitos, a partir de la promoción de actividades intensivas en tecnología, innovación, uso sostenible del capital natural y/o tendientes a la mitigación de la acción climática (Congreso de la República, 2020).

Ley 2099 de 2021: “Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones” [6]

La presente ley tiene por objeto modernizar la legislación vigente y dictar otras disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético a través de la utilización, desarrollo y promoción de fuentes no convencionales de energía, la reactivación económica del país y, en general dictar normas para el fortalecimiento de los servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible (Congreso de la República, 2021)

Proyecto de ley: Juntas de acción comunal[7]

“Por medio de la cual se modifica la ley 743 de 2002 y el parágrafo 4 del artículo 6 de la Ley 1551 de 2012 para el fortalecimiento de las juntas de acción comunal y se dictan otras disposiciones” La presente ley tiene por objeto: a) Fortalecer y garantizar que las juntas de acción comunal tengan un papel más activo, incluyente y decisivo en el devenir de sus comunidades, accediendo al poder ante las instancias, niveles, espacios y mecanismos de participación directa y democrática vinculando sus planes de desarrollo estratégicos comunales en los planes de desarrollo de los departamentos, distritos y municipios. b) Fortalecer a las organizaciones comunal es brindándoles espacios y canales de educación formal y no formal en busca de la modernización y potencialización de los líderes comunales, a través de la responsabilidad social de las instituciones educativas. c) Consolidar espacios de formación para el liderazgo comunal que logre potenciar y modernizar sus saberes, incentivando la formulación y ejecución de los Planes de Desarrollo Estratégicos Comunales y su capacidad de contratación social con el Estado a través de herramientas que beneficien el desarrollo de los territorios y sus comunidades (Camara de representantes, 2021).

[5] https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202069%20DEL%2031%20DE%20DICIEMBRE%20DE%202020.pdf
[6] https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/LEY%202099%20DEL%2010%20DE%20JULIO%20DE%202021.pdf
[7] https://www.camara.gov.co/accion-comunal-0

De la Expansión de la Cobertura del Servicio de Energía Eléctrica en ZNI y en Zonas Aisladas[8]

ARTÍCULO 2.2.3.3.2.2,3.7 *Expansión, reposición, rehabilitación y/o modernización del servicio mediante proyectos financiados con recursos del FAZNI.* La aprobación de proyectos para la ampliación o modernización de la cobertura en las ZNI, a ser fi¬nanciados con recursos del FAZNI, sin que por ello deban limitarse exclusivamente a esta fuente de financiación, podrá realizarse por el MME, previa viabilidad técnica y financiera efectuada por el IPSE, cuando el MME así lo requiera, mediante alguno(s) de los siguientes mecanismos:

1. **Esquemas empresariales.** El MME podrá aportar recursos del FAZNI para asegurar el cierre financiero de esquemas empresariales que se estructuren en ejercicio de sus funciones, incluyendo ASE. A través de tales esquemas, el Ministerio de Minas y Energía también podrá financiar programas y proyectos de inversión en nueva infraestructura eléctrica, de reposición, rehabilitación y/o modernización de la existente, mediante mecanismos de vinculación de capital privado, de conformidad con lo que determine la ley.

Reglamentar transferencias sector eléctrico artículo 289 – Comunidades[9]

"Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015 Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, con el fin de reglamentar las transferencias del sector eléctrico de las que trata el artículo 289 de la Ley 1955 de 2019, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad", con destino a los Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras"

Reglamentar transferencias del sector eléctrico artículo 289- Pueblos[10]

"Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015 Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, con el fin de reglamentar las transferencias del sector eléctrico de las que trata el artículo 289 de la Ley 1955 de 2019, por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad", con destino a los pueblos indígenas"

Cabe destacar que de acuerdo al estudio del 2019 (Colombia Inteligente, 2019) se ve la necesidad de definir reglas que permitan la generación, el consumo, almacenamiento y comercialización de la energía al interior de comunidades energéticas, de tal manera que se permita la interacción entre usuarios y sea posible compartir los recursos al interior de la comunidad. De igual manera también es necesario disponer de una metodología que permita la liquidación de la energía tranzada y que establezca las condiciones para que los diversos consumidores puedan compartir las instalaciones de autoconsumo y almacenamiento de energía. En ese contexto, el objetivo del este documento es identificar los diferentes modelos de comunidad energética y las experiencias internacionales y nacionales que sirvan de insumo para el diseño de comunidades energéticas en Colombia.

[8] https://www.minenergia.gov.co/en/decreto-unico-reglamentario

[9] https://www.minenergia.gov.co/en/foros?idForo=24300570&idLbl=Listado+de+Foros+de+Julio+De+2021

[10] https://www.minenergia.gov.co/en/foros?idForo=24300637&idLbl=Listado+de+Foros+de+Julio+De+2021

2. COMUNIDAD ENERGÉTICA

La incursión de nuevas tecnologías en el sector energético y los sistemas eléctricos, la creciente participación de las energías renovables en las matrices energéticas, el desarrollo de nuevos mercados que promueven la participación activa de los usuarios finales de la energía y la preocupación global por la disminución de emisión de gases de efecto invernadero, han dado origen a varios esquemas energéticos que presentan similitudes y diferencias entre sí. A continuación, se presentan estos conceptos que guardan relación con las comunidades energéticas y dimensiones requeridas para su desarrollo tales como los esquemas de agrupación de usuarios, los tipos de recursos energéticos que se utilizan, los tipos de modelos de negocio habilitados y los esquema de gobernanza.

2.1. Conceptos relacionados

Previo a la conceptualización de las comunidades energéticas en Colombia, es necesario hacer una revisión de otros esquemas energéticos similares que se encuentran actualmente a nivel mundial. Estos se relacionan en la Tabla 6.

Tabla 6. Conceptos relacionados con comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

Concepto	Descripción
Microrred	En la literatura existen diferentes definiciones para este concepto, la mayoría coincide en definirla como una red de distribución que interconecta recursos energéticos distribuidos y cargas, los cuales ante un observador externo actúan como una única entidad y pueden funcionar en modo conectado a la red (interconectado a una red externa) o en modo isla (sin el soporte de redes externas). En el caso de zonas no interconectadas se limitan a microrredes que operan en isla; no obstante, es posible contemplar un conjunto de microrredes interconectadas pero aisladas del sistema interconectado. Para el contexto colombiano, una microrred sostenible se define como: “Sistema eléctrico que integra la demanda (cargas) y los recursos energéticos distribuidos con la capacidad de operar durante un periodo de tiempo y con diferentes niveles de automatización, bien sea de modo aislado o interconectado a una red principal, bajo criterios técnicos, económicos y socioculturales”(Colombia Inteligente, 2019a)
Recursos energéticos distribuidos	Los Recursos Energéticos Distribuidos, DER por sus siglas en inglés, 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).
Distrito Térmico	Los distritos térmicos (DT), también conocidos como distritos energéticos, son redes de servicios tercerizados que proveen calor o frío a edificaciones y/o usuarios individuales dentro de una localidad o distrito de desarrollo, a través de una red de tuberías subterráneas desde una planta de generación central. Los DT proporcionan economías de escala que permiten la conexión de fuentes de energía renovables, calor residual, almacenamiento térmico, redes eléctricas y bombas de calor(Mariaca, 2021)
Virtual Power Plant	Las VPP o Planta de energía virtual, 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	Un sistema de energía transactivo, TES, por sus siglas en inglés, se refiere al uso óptimo de recursos mediante la aplicación de mecanismos económicos y técnicas de control para garantizar la confiabilidad y eficiencia de la red. 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, n.d.)

2.2. Definiciones y conceptos

En la literatura existen diferentes definiciones para el concepto de Comunidades energéticas o Energía Comunitaria, en la Figura 6 se muestra un esquema representativo.

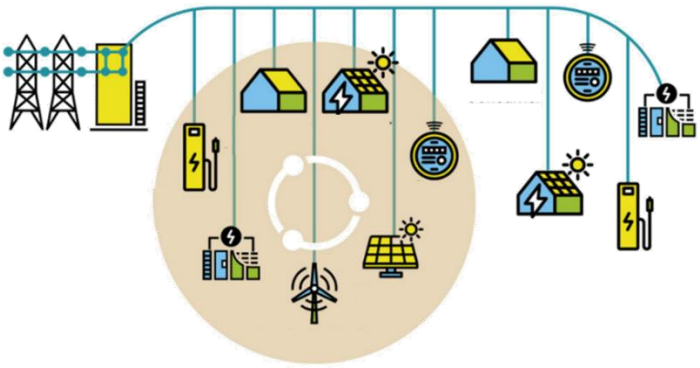


Figura 6. Esquema de Comunidades Energéticas.
Fuente: Tomado de: (GEODE, 2019)

La Tabla 7 relaciona los conceptos más relevantes.

Tabla 7. Definiciones concepto comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

Fuente	Definición
Community energy 2.0: The future role of local energy ownership in the UK(Green Alliance, 2019)	Cualquier proyecto de energía que sea total o parcialmente propiedad o esté controlado por un grupo comunitario, incluidas las cooperativas de energía.
CIGRE(CIGRE, 2021)	Término mediante el cual se generalizan los conceptos de Comunidades Ciudadanas de Energía (CEC) y comunidades de energía renovable (REC).
ASSET. Energy Communities in the European Union(Tounquet et al., 2019)	Una entidad legal que puede cubrir varias partes de la cadena de valor de la energía (incluida la generación, distribución, oferta, consumo, agregación, etc.). A menudo, las comunidades energéticas se centran en invertir conjuntamente en proyectos de energías renovables, pero también hay comunidades energéticas que brindan soluciones más complejas a sus miembros, como el autoconsumo combinado con almacenamiento, p2p, entre otras.
COMUNIDADES ENERGÉTICAS: Una guía práctica para impulsar la Energía Comunitaria (Tierra.org, n.d.)	La energía comunitaria es mucho más que molinos de viento y paneles solares. Hablamos de energía comunitaria cuando las personas se unen para recuperar su poder para decidir de forma significativa sobre la energía que usan, ya sea gestionando energías renovables o servicios relacionados con ellas. También consideramos como energía comunitaria los proyectos de eficiencia energética donde la comunidad se involucra en reducir el uso que hace de la energía de una manera colectiva
Coalition for Community Energy (*Coalition for Community Energy (C4CE)*, n.d.)	La amplia gama de formas en que las comunidades pueden desarrollar, ofrecer y beneficiarse de la energía sostenible.
GEODE fact sheet. Energy communities (GEODE, 2019)	Las comunidades energéticas son un actor clave en la construcción de un futuro sistema energético hacia la descarbonización, la descentralización y la participación activa de los consumidores. Se reconocen dos categorías: Comunidades de energía renovable (REC) y Comunidades ciudadanas de energía (CEC).
European Distribution System Operators (EDSO) for Smart Grids (EDSO, 2017)	Asociación, cooperativa, sociedad, organización sin ánimo de lucro u otra entidad jurídica que esté controlada por accionistas o miembros locales, generalmente sin ánimo de lucro, que participe en la generación distribuida y que participe activamente con el operador de la red de distribución o con un agregador.
Coalición Europea por la energía comunitaria. España (de la tierra et al., 2020)	Personas miembros de una comunidad que cooperan en cuestiones de energía, puede referirse a proyectos colectivos de cambio a renovables, a inversiones colectivas en paneles solares, o también a la propiedad comunitaria de una empresa de comercialización de energía o incluso de una red de distribución. Algunas personas trabajan juntas de manera informal, mientras que otras constituyen personas jurídicas. En función de la actividad, la energía comunitaria puede adoptar distintas formas.
Unleashing the power	Es una comunidad que tiene el poder de lograr una transformación energética

Fuente	Definición
of community renewable energy (Energycities et al., 2018)	más rápida, justa y con beneficios sociales añadidos. Se basa en el derecho que tienen las comunidades y los individuos a generar, almacenar, consumir y vender su propia energía.
European commission (Caramizaru & Uihlein, 2020)	La energía comunitaria se refiere a una amplia gama de acciones energéticas colectivas que implican la participación de los ciudadanos en el sistema energético. Los proyectos energéticos comunitarios se caracterizan por un grado variable de participación de la comunidad en la toma de decisiones y el reparto de beneficios. Pueden describir una comunidad limitada por una ubicación geográfica o una comunidad de intereses. Pueden entenderse como una forma de gestionar las acciones energéticas colectivas en torno a una participación y gobernanza abiertas y democráticas y a la obtención de beneficios para los miembros o la comunidad local. Las comunidades energéticas son nuevos tipos de entidades no comerciales que, aunque realizan una actividad económica, su objetivo principal es proporcionar beneficios ambientales, económicos o sociales a la comunidad.
Planning community energy system in the industry 4.0 era: Achievements, challenges and a potential solution.(Huang et al., 2017)	Es una unidad social que tiene características en común, como normas, valores, identidad y un sentido de lugar por ejemplo, un pueblo, ciudad o barrio. La clave de un sistema energético comunitario es una consideración sintética de todos los proyectos de energía ubicados en un distrito en particular.

Las comunidades energéticas renovables (REC, por sus siglas en inglés) son proyectos en los que participa una comunidad de personas para crear, desarrollar, operar y beneficiarse de un proyecto de energía renovable. Estos pueden ser de diferentes esquemas y tamaños, según las diversas necesidades y recursos disponibles de la comunidad local. Ejemplos de esto son proyectos de energía solar fotovoltaica en un salón comunitario, generación eólica a pequeña escala en granjas, un pequeño sistema hidroeléctrico de propiedad de dos pueblos vecinos. Los proyectos también varían según su tecnología, su tamaño, su estructura, sus opciones de gobernanza y financiación. En la Figura 7 se muestra un ejemplo de una REC.

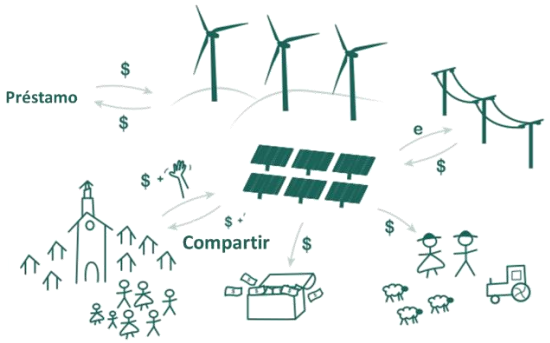


Figura 7. Ejemplo de comunidades energéticas renovable (REC)
Fuente: Tomado de (Community Power Agency, 2014)

Las comunidades ciudadanas de energía (CEC, por sus siglas en inglés) constituyen un nuevo tipo de entidad debido a su estructura de membresía, requisitos de gobernanza y propósito: provisión de servicios y beneficios para los miembros o la comunidad local. No se priorizan los beneficios económicos o ganancias para sus miembros.

Las CECs pueden ser conformadas por ciudadanos, pequeñas empresas y autoridades locales para participar en todo el sector energético y tienen un fuerte énfasis en el acceso no discriminatorio a los mercados eléctricos, ya sea individualmente o por agregación. En el concepto general de las CEC se menciona que es una forma específica de organizar una iniciativa, no una actividad como tal (Frieden et al., 2020). La Figura 8 muestra un esquema de los servicios que puede ofrecer una CEC.

Figura 8. Servicios que puede ofrecer una CEC
Fuente: Tomado de (Klaassen & Van Der Laan, 2019)

En esencia, ambas definiciones describen una forma de organizar la cooperación colectiva de una actividad relacionada con la energía en torno a la propiedad, la gobernanza y propósito no comerciales específicos; esta última es una diferencia fundamental de los actores tradicionales del mercado energético. El propósito principal tanto de las RECs como de las CECs es brindar beneficios ambientales, económicos o sociales a la comunidad y sus miembros en lugar de ganancias financieras. Ambas definiciones enfatizan la participación y el control efectivo por parte de los ciudadanos, las autoridades locales y las pequeñas empresas cuya actividad económica principal no está en el sector energético. La participación en las RECs y las CECs debe ser abierta y voluntaria. La

Figura 9 presenta diferencias una comparación entre las actividades y la organización de los dos tipos principales de comunidades energéticas.

Figura 9. Comparación de actividades de RECs y CECs)
Fuente: Tomado de (Roberts et al., 2019)

Dado que comunidad energética es un concepto emergente para el que no existe una definición ampliamente aceptada y que es aplicado de diversas formas, a continuación, se presenta el referenciamiento de los principales aspectos relacionados con la construcción del concepto.

Algunas de los conceptos y objetivos de las comunidades energéticas giran en torno a las propuestas de valor que aportan, estas pueden ser muy diversas ya que incluyen aspectos como suministro de energía local y sostenible, autarquía energética, preferencia tecnológica por fuentes de energía distribuidas, independencia de la política energética nacional y de los grandes operadores establecidos, participación activa de los ciudadanos en la configuración del contexto energético, entre otros, como se muestra en la Figura 10.

Figura 10. Ejemplos de propuestas de valor asociadas a las comunidades energéticas
Fuente: Tomado de (Tounquet et al., 2019)

Las comunidades energéticas son clave para democratizar y descarbonizar la energía y enfrentar la emergencia climática contribuyendo a disminuir emisiones. Además, representan una oportunidad para luchar contra la pobreza energética, incidir en la participación de las mujeres como vectores del cambio, reforzar el tejido productivo local, fomentar la creación de comunidades resilientes, disminuir la factura eléctrica y aumentar la independencia energética frente a multinacionales. Otros beneficios asociados a las comunidades energéticas son: promover equilibrio entre la economía local y mundial, impulsar economías cooperativas sobre las competitivas y reducir las brechas existentes entre los entornos urbanos y los rurales. En la Figura 11 se representa la relación entre los beneficios y los actores de las Comunidades Energéticas.

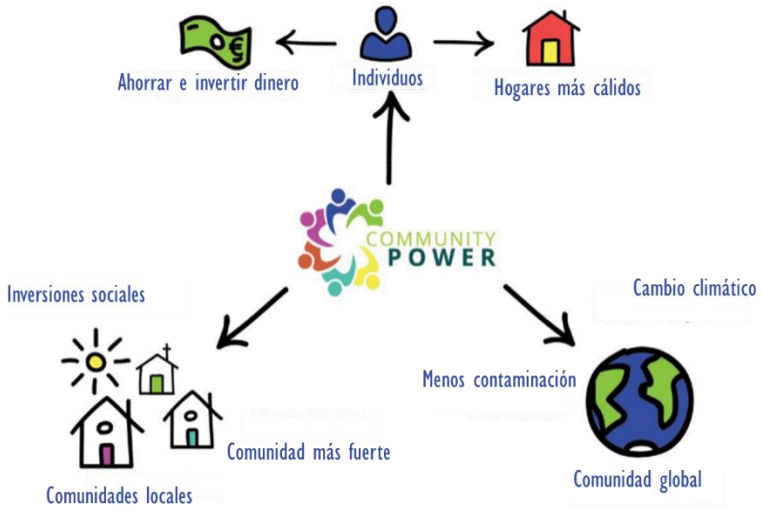


Figura 11. Esquema de beneficios y ventajas de las Comunidades Energéticas
Fuente: Tomado de (Tierra.org, n.d.)

En la literatura académica y en los diferentes casos de éxito se utilizan terminologías asociadas a los esquemas de operación, organización, modelos y recursos de las comunidades energéticas. En los siguientes numerales se presentan las principales dimensiones que componen energía comunitaria, utilizando la terminología más comúnmente aceptada. Las clasificaciones planteadas en este documento pueden interpretarse como conceptos sombrilla, bajo los cuales pueden ubicarse múltiples conceptos muy similares.

2.3. Agrupación de usuarios

La energía comunitaria se fundamenta justamente en las comunidades, en los usuarios que pueden agruparse para perseguir objetivos comunes. Las comunidades energéticas pueden ser de grupos pequeños o muy numerosos. Los grupos pueden estar concentrados en pequeñas áreas o extendidos en algunos kilómetros cuadrados. A continuación, se señalan algunos ejemplos de agrupaciones que podrían constituirse, teniendo en cuenta tanto la tipología de miembros participantes como la actividad a desarrollar y la ubicación que podrían tener.

Tabla 8. Agrupación de usuarios
Fuente: Elaboración propia

Concepto	Descripción
Vecinos de un edificio de viviendas	Los propietarios o usuarios de los apartamentos de un edificio crean una comunidad energética para instalar un sistema fotovoltaico o una turbina eólica en una propiedad, que incluso puede estar ubicada en otra área, y aplicar una compensación virtual entre la electricidad consumida en los apartamentos y la electricidad producida. De esta forma los miembros de la comunidad energética obtendrán una reducción en la factura de la electricidad. Los miembros también pueden agrupase con el propósito de participar en un programa de aumento de eficiencia energética o reemplazo tecnológico de equipos del edificio.(Fajardo García & Frantzeskaki, 2020).
Municipios, Barrios	Se conforman por actores locales que buscan co-beneficios locales como la implementación de sistemas de energía renovable distribuidos y la eficiencia energética. Se promueve la participación de comunidades y actores locales en el desarrollo energético de sus territorios. También se fomenta el mercado energético local bajo en carbono. Se deben desarrollar estrategias energéticas locales basadas en la visión energética comunal; para esto se requieren diagnósticos energéticos, planes de acción, establecimiento de objetivos y metas, entre otros aspectos.
Islas energéticas	Los residentes y los empresarios de una pequeña isla no conectada pueden establecer una comunidad energética con la participación del gobierno local para instalar un sistema de fuentes de energía renovable completo con un sistema de almacenamiento para la gestión de la electricidad en el sistema autónomo. De esta forma no sólo se abastecen de energía, sino que también pueden beneficiarse de programas de financiación e incentivos especiales por uso de energías renovables. También se pueden buscar otros objetivos, por ejemplo, implementar una planta de desalinización y potabilización de agua con fuentes de energía renovable para abordar el problema de la escasez de agua. En este esquema pueden participar tanto las autoridades locales como la empresa privada.
Cadenas o gremios de negocios.	Son agrupaciones de empresas, organizaciones o personas que se dediquen a negocios o procesos productivos comunes y por lo tanto tienen procesos energéticos similares. Generalmente son organizaciones que consumen grandes cantidades de energía, por ejemplo, hoteles, industrias lecheras, frigoríficos, cadenas de alimentos que requieran refrigeración constante. En estas comunidades energéticas los esfuerzos se centran en aspectos como actualización tecnológica de equipos de alto consumo, implementación de sistemas avanzados de medición y monitoreo de consumos energéticos que permitan gestionar el uso de la energía, auditorías energéticas y estudios orientados a mejorar el desempeño energético de los procesos productivos.
Autoridades locales	Algunas autoridades locales crean una comunidad energética para instalar sistemas de generación basados en energía renovable y aplicar la compensación virtual entre la electricidad producida y la consumida por ellas y por personas vulnerables o ciudadanos que viven por debajo de la línea de pobreza. En estos casos se aprovechan las disposiciones legales que existan en la zona y que fomenten la participación de las autoridades locales, en acciones sobre consumidores vulnerables y compensación virtual de energía. El propósito de esta comunidad no es lucrativo.
Comunidades indígenas	Proyectos de suministro energético en territorios indígenas, de propiedad de comunidades o cooperativas indígenas (Comisión para la cooperación ambiental, 2010).

2.4. Recursos energéticos

Las comunidades energéticas también pueden tomar como eje los recursos energéticos que comparten. Algunos de los principales esquemas son:

Tabla 9. Recursos energéticos
Fuente: Elaboración propia

Concepto	Descripción
Comunidad solar	Es un colectivo que produce energía a partir del recurso solar y que es gestionada por una organización comunitaria y sus modelos de gobernanza se basan en mecanismos participativos.
Comunidades eólicas	Los proyectos eólicos comunitarios son de propiedad de la comunidad y no de las empresas privadas. Se definen por un modelo de propiedad y no por el tipo o tamaño de la turbina. Las comunidades eólicas tienen múltiples aplicaciones y pueden ser utilizado por escuelas, hospitales, empresas, granjas o instalaciones comunitarias para el suministro de electricidad local. Las cooperativas o los servicios públicos municipales pueden ser propietarios de la comunidad. proyectos eólicos y utilizarlos para diversificar el suministro eléctrico. También pueden consistir en grupos de individuos que forman grupos independientes de productores de energía o corporaciones de responsabilidad limitada para vender la energía de las turbinas producir a un proveedor de electricidad local (U.S. Department of Energy (DOE), 2012).
Cadenas de suministro de Biomasa	Los agricultores, los silvicultores y los empresarios que operan en el sector agrícola y forestal pueden constituir una comunidad energética con el objetivo de crear y administrar una cadena de suministro de biomasa de producción de energía eléctrica y térmica. Esta comunidad puede incluir la unidad generadora de biomasa y gestionar productos como madera o pellets a los residentes.
Comunidades de energía y calefacción.	Un grupo de empresarios agrícolas constituyen una comunidad energética para instalar una cooperativa de electricidad de alto rendimiento en un área en donde también se dispone de una red de gas. La electricidad generada se inyectará en la red y la energía térmica cubrirá las necesidades de instalaciones como invernaderos. Pueden participar en programas de financiación y de incentivos especiales. Tiene fines lucrativos.
Comunidades de almacenamiento de energía	Involucran el despliegue y operación de baterías por comunidades para almacenar la electricidad generada localmente o consumido de la red para cumplir con la máxima demanda de la comunidad.
Comunidad libre de energía nuclear	Es una cooperativa energética creada a partir de una revolución eléctrica de los ciudadanos que pide el fin de la electricidad generada a partir de energía nuclear tras el desastre de Chernobyl. La red eléctrica es propiedad de la cooperativa. El domicilio social se encuentra en Schönau en donde toda la energía es regenerativa y de cogeneración. El objetivo principal es la promoción económica y el cuidado de los miembros mediante un suministro seguro y asequible de agua potable y energía respetuosa con el clima y sin energía nuclear. Schönau eG (Hockenos, 2019).
Programas comunitarios de eficiencia energética	La actividad principal es animar a los miembros a tomar medidas para reducir su consumo o invertir en remodelaciones de edificios y actualización tecnológica. Pueden alentar tales acciones a través de inversiones directas, educación y divulgación, prestación de asesoramiento técnico y financiero, o asociaciones con autoridades locales.

2.5. Modelos de negocio

Dentro de las comunidades energéticas es clave la definición de las reglas para la operación de los nuevos mercados de intercambio y de servicios energéticos, es importante tener en cuenta que algunas comunidades no tienen ánimo de lucro. La Tabla 10 presenta los principales modelos encontrados.

Tabla 10. Modelos de Negocio
Fuente: Elaboración propia

Concepto	Descripción
Agregador	En este modelo el proveedor de electricidad realiza compras de energía mientras que la empresa de servicios públicos afiliada continúa proporcionando transmisión y distribución servicios. Por lo general, lo conforman una ciudad, condado o grupo de ciudades y condados(Trumbull et al., 2020). Los agregadores se conciben como una comunidad de energía renovable, en la que las tecnologías renovables e integradas tienen el papel más importante a la hora de satisfacer el suministro de energía y las necesidades de demanda de sus residentes, con la posibilidad de devolver el exceso de energía a la red o de pasarlo a otras comunidades.
Intercambio entre pares (P2P)	P2P: por sus siglas en inglés *Peer to peer.* El comercio o intercambio entre pares se define como una transacción de electricidad entre dos consumidores o prosumidores que utilizan una plataforma electrónica. Se trata de una transacción horizontal, que choca con la estructura vertical tradicional de la cadena de valor del sector eléctrico (de Almeida et al., 2021). El objetivo principal es dotar a los consumidores de un mecanismo transparente y confiable para equilibrar sus preferencias y requerimientos.(Basterra & Ozamiz, 2020)
Energía como servicio (EaaS)	EaaS, por sus siglas en inglés; *Energy as a Service*. Es un modelo de negocio innovador mediante el cual un proveedor de servicios, ya sean empresas de servicios públicos tradicionales o prestadores de servicios de TIC, ofrece diversos servicios en lugar de solo suministrar electricidad, por ejemplo, asesoramiento energético, instalación de activos, financiación y soluciones de gestión energética (IRENA, 2020c)
Propiedad comunitaria	A través de costos compartidos, este modelo permite a los participantes a poseer activos con niveles más bajos de inversión. Se caracteriza porque las partes interesadas locales poseen la mayor parte del proyecto y la mayoría de los beneficios socioeconómicos del proyecto son distribuidos a nivel de la comunidad local (IRENA, 2020a).
Pago por uso (PAYG)	PAYG, por sus siglas en inglés *Pay as You Go*. En este modelo de negocio permite el acceso a la energía generada a partir de de fuentes de energía renovables a un precio asequible con pagos facilitados por tecnologías disponible en estas áreas. El uso generalizado de pagos a través de dispositivos móviles y la disminución de los costos de la energía renovable, junto con un mayor conocimiento de estas tecnologías han sido impulsores clave en la implementación de este modelo de negocio(IRENA, 2020b).
Transacciones de energía – varios modelos (CIGRE, 2021)	En este modelo la energía generada es un activo de la comunidad que no es usada para el autoconsumo sino para la venta a un proveedor. El ingreso percibido se reinvierte en proyectos energéticos o se reparte entre los miembros de la comunidad; en este segundo caso varían las formas de definir cómo se distribuirá el valor entre los miembros, ya que se puede usar una repartición mediante la equitatividad o la proporcionalidad, pero se pueden utilizar reglas económicas o incluso aplicar modelos matemáticos. Para realizar la formulación del precio debe tener en cuenta la estructura de la comunidad para recuperar los costos que implica el sistema de distribución para alcanzar la independencia energética Otro modelo está relacionado con la posibilidad de compartir la energía por la red que se gestiona en la comunidad, donde se poseen y administran activos de generación cuyas ganancias son repartidas o reinvertidas, en estos escenarios se puede lograr un equilibrio entre la demanda y generación local. La coordinación del intercambio de energía puede estar a cargo de un proveedor común que da correspondencia entre producción y consumo, a su vez, el proveedor en los casos necesarios suministra energía adicional. El último modelo nace habitualmente por la necesidad de poblaciones distanciadas de una red principal, de compartir la producción local a través de las redes de distribución que se operan en la zona de las comunidades, donde la energía se comparte de forma física. Estas iniciativas pueden llevar la conexión entre redes locales a redes ya existentes

2.6. Esquemas de gobernanza

Las diferentes definiciones, conceptos y agrupaciones que se han presentado en los numerales anteriores dan origen a modelos y esquemas de Comunidades Energéticas. Algunos de ellos son las estructuras de propiedad y la financiación de la energía comunitaria están estrechamente relacionadas. La combinación óptima de financiamiento para un proyecto dado depende no solo de las características del proyecto (por ejemplo, tamaño, tecnología), sino también del modelo de propiedad y el nivel de autonomía deseado por la comunidad.

La Tabla 11 proporciona una descripción general de los modelos de propiedad a través de los cuales los actores comunitarios invierten colectivamente y poseen activos energéticos. Si bien muchos proyectos de energía comunitaria se esfuerzan por lograr una gran participación en la propiedad comunitaria, lograrlo depende de la disponibilidad de conocimientos y recursos locales: servicios, mano de obra, tierra y capital financiero. En algunos modelos, como las cooperativas, la propiedad viene con un nivel directo de toma de decisiones. En la mayoría de las cooperativas, los individuos deben contribuir al capital común invirtiendo en acciones de membresía como condición para ser miembro. Además de las personas, otras partes interesadas, como las empresas de servicios públicos, las organizaciones sin fines de lucro y las autoridades locales también pueden participar como miembros de la comunidad. En otros modelos en los que la comunidad no es propietaria de todo el proyecto, estos otros interesados pueden actuar como socios. Los socios también pueden contribuir de diversas formas más allá de poseer una parte del proyecto (ver Figura 12). Por ejemplo, los municipios pueden celebrar convenios con actores comunitarios para albergar proyectos de la energía de la comunidad en su infraestructura (por ejemplo, techos públicos).

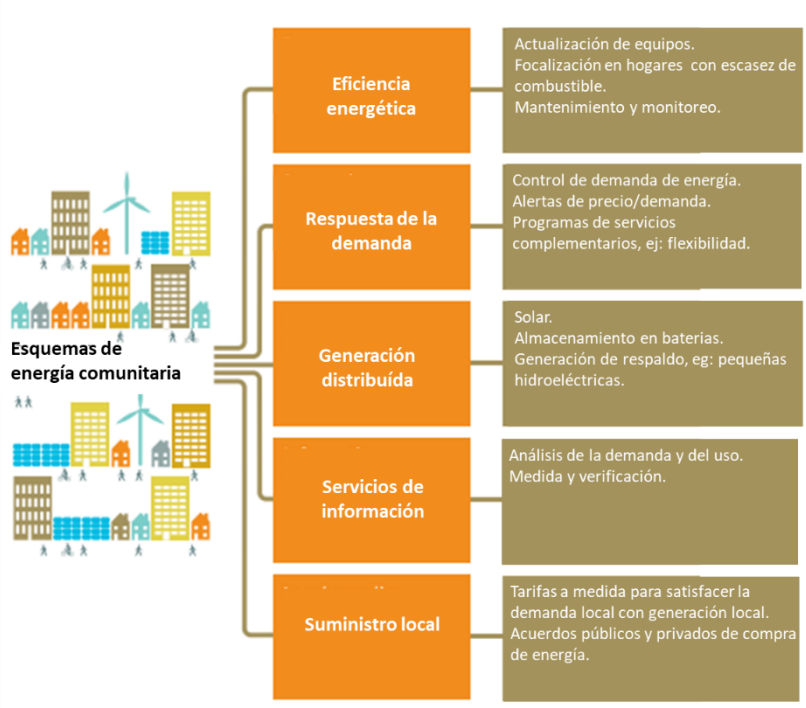


Figura 12. Esquemas de Comunidades Energéticas
Fuente: Tomado de (Green Alliance, 2019)

Tabla 11. Esquemas de gobernanza
Fuente: Adaptado de (IRENA Coalition for Action, 2020)

Concepto	Descripción
Cooperativa	Es propiedad conjunta de sus miembros para lograr objetivos económicos, sociales o culturales comunes basados en principios democráticos. Se puede formar una cooperativa para proporcionar servicios (cooperativas de consumidores) o para reunir capital de inversión (cooperativas de inversión). Maximizar el rendimiento del capital no suele ser un objetivo clave, no tienen ánimo de lucro
Organización sin ánimo de lucro	Están formadas por miembros inversiones que son responsables de financiar la organización, pero no toman ganancias.
Asociación	Las asociaciones son organizaciones privadas sin fines de lucro, establecidas en torno a una causa común. El poder de toma de decisiones generalmente se deriva de los estatutos y recae en sus miembros. Una asociación de energías renovables puede adoptar muchas formas. Los ejemplos incluyen asociaciones de empresas y asociaciones de vivienda.
Fideicomisos comunitarios	Actúan como medios para un beneficio comunitario más amplio en vez de generar beneficios para los inversores. Los rendimientos de las inversiones se destinan a fines locales específicos y se comparten con las personas que no pueden invertir.
Sociedad	Se forman entre personas físicas o jurídicas para lograr un objetivo empresarial común. Pueden ser sociedades colectivas, en la que todos los socios pueden ser considerados individualmente responsables de las deudas de la sociedad, o sociedades limitadas, en la que los socios que no participan en las actividades de gestión tienen una responsabilidad limitada por las deudas de la sociedad.
Corporación	Son entidades jurídicas independientes de la propiedad de sus accionistas en las que los accionistas se benefician de una responsabilidad limitada por las deudas de la sociedad. Los accionistas que poseen más acciones tienen mayor poder de voto. Los beneficios de una sociedad anónima se reparten entre los accionistas en forma de dividendos.
Compañía de responsabilidad limitada	Estas combinan las características de una corporación con las de una sociedad. Sus miembros se benefician de una responsabilidad limitada por las deudas de la empresa; los beneficios se transfieren directamente a sus miembros.

2.7. Modelos de comunidad energética

Luego de conocer las dimensiones y componentes asociados a las comunidades energéticas y que se desarrollaron en los numerales 2.3 al 2.6, a continuación, en la Tabla 12 se presentan los elementos necesarios que se deben tener en cuenta para desarrollar un modelo de comunidades energéticas para Colombia. En cada una de las columnas aparece un aspecto o elemento a determinar en cada caso. Así, para definir una comunidad energética es necesario conocer su esquema de agrupación de usuarios, esquema de agrupación de recursos energéticos, modelo de negocio y esquema de gobernanza.

Tabla 12. Modelos de comunidad energética
Fuente: Elaboración propia

Agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo de negocio	Esquemas Gobernanza
• Vecinos de un edificio de viviendas • Municipios, Barrios • Islas • Cadenas o gremios de negocios • Autoridades locales • Comunidades indígenas	• Comunidad solar • Comunidades eólicas • 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	• Agregador • Intercambio entre pares (P2P) • Energía como servicio (EaaS) • Propiedad comunitaria • Pago por uso (PAYG) • Transacciones de energía – varios modelos	• Cooperativa • Organización sin ánimo de lucro • Asociación • Fideicomisos comunitarios • Sociedad • Corporación • Compañía de responsabilidad limitada

3. CASOS DE ESTUDIO

Ante el contexto de emergencia climática en la que nos encontramos actualmente, es necesario alternativas viables y efectivas de producción de energía eléctrica renovable y distribuida que se contrapongan al actual sistema energético, centrado principalmente en el uso de combustibles fósiles. Esta problemática se está intentando mitigar parcialmente con el desarrollo de grandes sistemas de generación de electricidad a partir de energías renovables (huertas solares y parque eólicos) (de Navarra, 2019), sin embargo, este sistema provoca pérdidas de terreno agrícola debido a la gran cantidad de espacio requerido y la especulación con los precios de los terrenos, además de que las perdidas en el transporte de la energía sigue presente. Como respuesta y alternativa a estas problemáticas, se están desarrollando las tecnologías de autoconsumo y las comunidades energéticas. La energía comunitaria es clave para actuar frente a la crisis climática. Puede empoderar a las personas, impulsar las economías locales y revitalizar las comunidades. Las iniciativas lideradas por la comunidad juegan un papel importante en la transición hacia un futuro energético 100% renovable y justo.

La energía comunitaria revitaliza la economía local al facilitar que los beneficios, tanto económicos como sociales de las instalaciones renovables, se queden en los territorios, al crear empleos, al disminuir las facturas eléctricas, al aumentar la independencia energética frente al oligopolio o al reducir el consumo energético. Representa la transición de la red convencional a un sistema de generación comunitaria de energía local, como lo muestra la Figura 13.

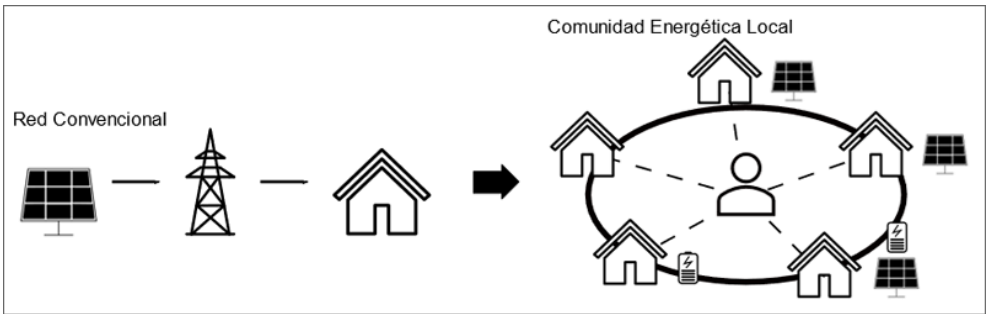


Figura 13. Transición Red convencional a Comunidad energética local
Fuente: tomado de (Goitia-Zabaleta et al., 2020)

Las comunidades energéticas permiten aprovechar recursos renovables en el lugar donde se ubican estas y activan la participación ciudadana en la producción de energía comunitaria autónoma. Es un concepto que, aunque no es nuevo, ha ganado relevancia en los últimos años después del reconocimiento jurídico y legal y la necesidad de acelerar la transición hacia un sistema energético sin emisiones de CO_2. Para ello, teniendo en cuenta una de las variadas definiciones de Comunidad energética, así, Las comunidades energéticas locales (CEL) son entidades jurídicas, 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. Se usa el término CEL para agrupar el conjunto de Comunidades Ciudadanas de Energía (CCE) y las Comunidades de Energías Renovables (CER)(Geode, 2021).

En esta sección se presenta la referenciación internacional y nacional de casos de éxito y proyectos piloto sobre comunidades energéticas y relacionados como las plantas de energía virtual residencial (sistemas de generación renovable y baterías) populares en Alemania y Australia, granjas solares, distritos térmicos y proyectos P2P. Se presenta de forma general características como objetivos, descripción del piloto o proyecto, resultados más sobresalientes, lecciones aprendidas y mejores prácticas de estos casos de estudio.

3.1. Experiencias internacionales

Se pueden encontrar ejemplos exitosos de proyectos de energía comunitaria en muchos países alrededor de los cinco continentes, pero se ha extendido particularmente en toda Europa. Sin embargo, es importante mencionar que existen otras configuraciones de autogeneración y gestión de otro tipo de energía entre comunidades o grupos

particulares de usuarios como son los llamados distritos térmicos, los jardines solares, los sistemas P2P y sistemas de energía transactiva donde las comunidades están involucrados generando o recibiendo la energía generada por terceros, que si bien no se configuran dentro de las variadas definiciones de comunidades energética, pueden ser parte integrante de una (Tounquet et al., 2020). Empezaremos definiendo algunos de estos otros sistemas antes de nombrar los casos de estudio de comunidades energéticas.

- **Distritos térmicos alrededor del mundo**

Los Distritos Térmicos son sistemas energéticos que proporcionan energía en la forma de calor y frío a edificaciones individuales dentro de una localidad o distrito de desarrollo. El suministro de esta energía se produce en una planta central y se distribuye al distrito mediante tuberías hasta los puntos de consumo de los usuarios finales en el marco de un servicio prestado por un tercero. Los distritos térmicos modernos tienen una historia que viene desde mediados del siglo XIX, y están creciendo de forma acelerada ya que presenta beneficios claros a nivel ambiental, social y económico, como la reducción de las emisiones de CO_2, una reducción en los costos de la energía y más acceso a la calefacción o refrigeración. Son adecuados para alimentarse con fuentes de energía renovables y bajas en carbono disponibles localmente.

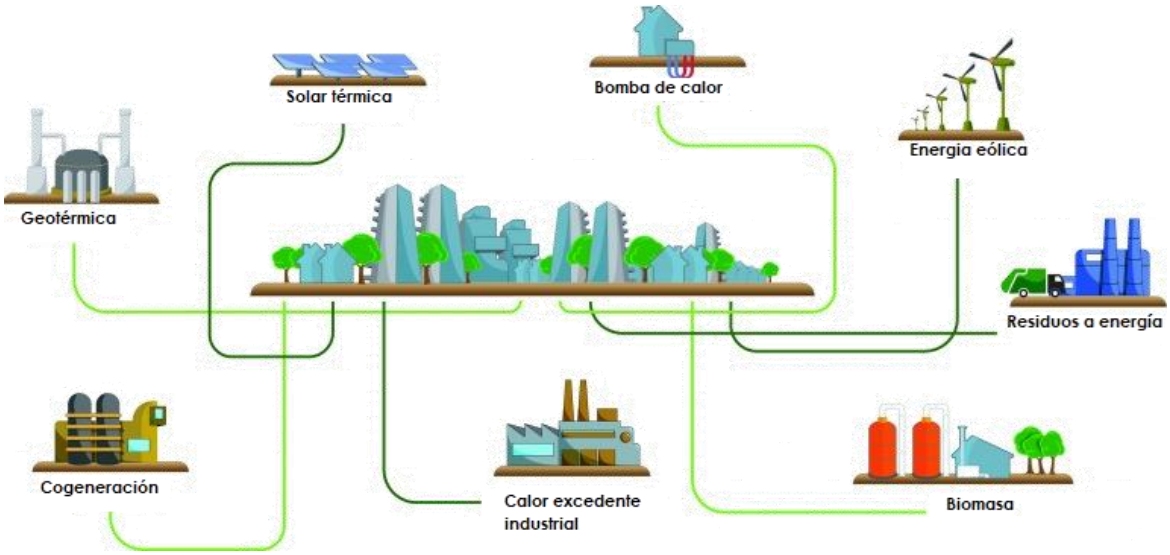


Figura 14. Fuentes de energía para un distrito térmico.
Fuente: Tomado de (UE, 2020a)

Según la UNEP, hay 40 ciudades que son líderes en este tipo de sistemas a nivel mundial, entre las que se cuentan Paris, Londres y Dubai. Así como los distritos térmicos pueden tener un impacto transversal, también hay que entender que las condiciones que llevan a la implementación de este tipo de sistemas pueden variar. Por ejemplo, el desarrollo del distrito térmico de Gotemburgo, uno de los más grandes de Suecia, el de Abeerden, en el Reino Unido, y el de La Alpujarra, en Colombia, aunque ofrecen similares beneficios para sus comunidades, se construyeron bajo necesidades absolutamente diferentes (UE, 2020a).

El distrito térmico de Gotemburgo, construido a mediados del siglo XX, vio un auge en la década de los años 70, debido a una transición al uso de energía renovable para su funcionamiento. Esta transición se dio durante la coyuntura de la crisis del petróleo, donde se vio un desabastecimiento generalizado de combustible. A raíz de esta transición, el distrito térmico de Gotemburgo hoy en día es pionero en utilización de energía limpia y funciona en menos del 4% con combustibles fósiles. En el caso de Aberdeen, en el Reino Unido, la implementación de redes de distrito térmico respondió a condiciones socio económicas de la ciudad. Estudios desarrollados por el gobierno local mostraron una dificultad al acceso de la calefacción para los habitantes con el porcentaje de ingresos más bajo. La solución más eficiente que se encontró fue la implementación de un sistema de distritos térmicos, que redujera de manera significativa los costos de la energía y que, además, redujera el consumo, estableciendo un sistema más eficiente.

El resultado se ve un mayor acceso a la calefacción, con niveles de consumo pico más bajos. Finalmente, el distrito térmico de La Alpujarra responde a problemáticas ambientales que se presentan en Medellín Colombia, puesto que esta ciudad tiene uno de los registros de CO2 más altos del país. La iniciativa buscó reducir, por un lado, las emisiones por parte de las edificaciones estatales y, por el otro, reducir la emisión de sustancias agotadoras de la capa de ozono por el uso de refrigeración. Más información de distritos energéticos alrededor del mundo (Euroheat, 2021; U, 2020a).

- **P2P**

Con la creciente integración de recursos energéticos distribuidos (DER), los consumidores de energía tradicionales se convertirán en prosumidores, que pueden generar y consumir energía. La generación de DER es impredecible e intermitente, y los prosumidores que tienen excedente de energía pueden almacenarlo con dispositivos de almacenamiento de energía o suministrar a otros que están en déficit energético. A este comercio de energía entre prosumidores se denomina comercio de energía entre pares (P2P) (Zhang et al., 2017). P2P es un mecanismo novedoso de transacción de energía, donde las personas pueden generar su energía de sus propias fuentes renovables ubicadas en viviendas, oficinas y fábricas, y compartirla entre sí. El comercio de electricidad P2P empodera a los prosumidores y consumidores, lo que lleva a mayor despliegue de energía renovable y flexibilidad en la red. Las plataformas P2P también ayudan a equilibrar y gestionar la congestión y a proporcionar servicios auxiliares (IRENA, 2020c). El número de proyectos ha aumentado significativamente en todo el mundo como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Proyectos P2P
Fuente: Adaptado de (Zhang et al., 2017)

Nombre del proyecto	País	Inicio operación	Objetivos	Tamaño red	P2P	Resultados	Debilidades
Pielo	UK	2014	Plataforma de comercio de energía P2P desde la perspectiva de los proveedores	Nacional	Negocios	Una plataforma de comercio de energía P2P	Sin discusión sobre el mercado local
Vandebron	Holanda	2014	Plataforma de comercio de energía P2P desde la perspectiva de los proveedores	Nacional	Negocios	Una plataforma de comercio de energía P2P	Sin discusión sobre el mercado local
PeerEnergyCloud	Alemania	2012	Plataforma de comercio de energía P2P basada en la nube, hogar inteligente	Microrred	Red de energía, TIC	Plataforma para hogares inteligentes basada en la nube	Sin discusión sobre el sistema de control
Smart Watts	Alemania	2011	Optimización de suministro de energía vía TIC	Regional	Red de energía, TIC	Un medidor inteligente como interfaz de energía a Internet	Sin discusión sobre el sistema de control
Yeloha, Mosaic	US	2015	Red solar compartida para reducción de factura	Regional	Negocios	Terminado debido a problemas de financiación	Sin discusión sobre el mercado local
SonnenCommunity	Alemania	2015	Comercio de energía P2P con almacenamiento	Nacional	Red de energía, negocios	Una plataforma de comercio de energía P2P (online)	Sin discusión sobre el mercado local

Nombre del proyecto	País	Inicio operación	Objetivos	Tamaño red	P2P	Resultados	Debilidades
Lichtblick Swarm Energy	Alemania	2010	Plataforma IT para mercado y clientes	Nacional	Red de energía, TIC	Muchos servicios proporcionados por el proveedor de energía	Sin discusión sobre el mercado local
Community first! Village	US	2015	Energía compartida de donaciones	Comunidad	Negocios	Ahorro en la factura de energía para personas pobres	Sin discusión del ICT y el sistema de control
TransActive Grid	US	2015	Comercio de energía P2P utilizando blockchain	Red conectada, microrred	Red de energía, control, TIC, negocios	Plataforma automática comercio de energía entre microrredes	Comunicación previo intercambio fue ignorado
Electron	UK	2016	Medición de energía y plataforma de facturación usando Blockchain	desconocido	Red de energía, TIC, negocios	-	-

A continuación, se presenta la referenciación relacionada con las comunidades energéticas que están actualmente en funcionamiento o en etapa de consolidación, a nivel internacional.

3.1.1. Europa

En Europa, las comunidades energéticas tienen como reto promover la proactividad de la ciudadanía en la transición energética a gran escala al 2030. A finales de 2016 la Comisión Europea en el marco del “Paquete de Invierno” propuso situar a la ciudadanía en el centro de la transición energética, de tal manera que estos tengan derecho a producir, consumir almacenar y vender su propia energía renovable(UE, 2020b). Los principales modelos de participación ciudadana actuales son básicamente tres: las cooperativas energéticas, las iniciativas municipales y los movimientos ciudadanos facilitados por sistemas “Crowfunding” y “Crowlending”.

En el ámbito térmico, las redes de distribución de calor y frío pueden ser una valiosa herramienta para el impulso de las CE, así como para la reducción del consumo de combustibles fósiles y de emisiones de CO2, y como vía de integración de los sectores eléctrico y térmico.

En los modelos a futuro se ha identificado como claves, la movilización y la dinamización social, es decir, la necesidad de empoderar al ciudadano y que sea consciente de que la energía puede ser suya, generándola, consumiéndola, almacenándola y compartiéndola en CELs. En Europa se han organizado y constituido muchas comunidades en diferentes países, siendo Alemania, Dianarca y Holanda, los paise con mayor número de comunidades. Las iniciativas de CE existen en diferentes formas y tamaños, tan diversas como las propias comunidades.

Algunas relativamente pequeñas, con pocos actores solo desarrollan proyectos de energía renovables a pequeña escala (generalmente PV) o esquemas de intercambio de energía. También existen cooperativas de energía extremadamente grandes como Ecopower (Bélgica), que en 2019 contaba con más de 60.000 personas, poseía 22 turbinas eólicas, 3 instalaciones hidroeléctricas, 322 instalaciones solares, una instalación de cogeneración con aceite de colza y una fábrica de pellets. La figura a continuación muestra el número de CE en algunos países de Europa.

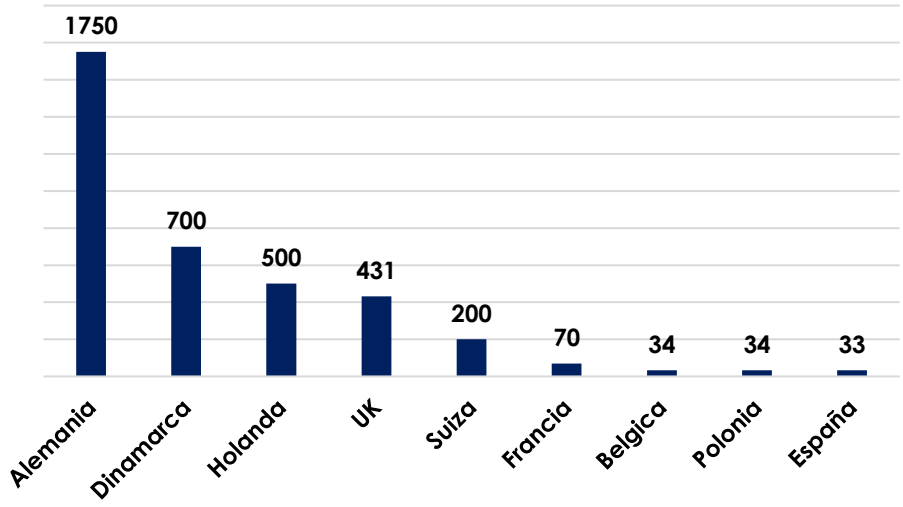


Figura 15. Comunidades energéticas en EU
Fuente: Tomado de(Caramizaru & Uihlein, 2020)

Las mayores debilidades en el establecimiento de CE son: i) Conflictos internos del grupo, ii) trámites burocráticos (permisos), iii). Carga administrativa, iv) falta de comprensión de lo que es una CE. Y las amenazas son i) Falta de financiación, ii) Conexión a la red, iii) oposición local a las renovables. Y las fortalezas: i) eliminación de fósiles, ii) inversión en energía limpia. A continuación, se relacionan algunos de estos ejemplos y los países donde están funcionando(Bridge, 2019; Caramizaru & Uihlein, 2020; de la Tierra, 2020):

Alemania

El término Comunidad de Energías Renovables aún no se ha definido oficialmente en la legislación alemana. Sin embargo, existen organizaciones e iniciativas de base comunitaria que ciertamente cumplen los criterios correspondientes, incluidas muchas cooperativas. En 2012, Alemania alcanzó 72.907 MW de capacidad instalada de energías renovables. 25.049 MW de la misma se contabilizan como energía comunitaria, lo que constituye el 34% de la capacidad instalada total de energía renovable (Community-Power, 2016).

A finales de 2019, el número de cooperativas de energía en Alemania alcanzó las 883, con 200.000 miembros. participando activamente en la transición energética del país. Aunque la mayoría de las cooperativas de energía no son mucho más antiguas que Diez años, en muchos lugares son importantes promotores de la transición energética descentralizada. La participación y diversidad de actores se considera un factor esencial para su éxito al unir las autoridades locales de la ciudad, la comunidad y las empresas locales para mejorar el entorno local en general (DGRV, 2020).

Aproximadamente una cuarta parte de todas las cooperativas de energía se dedica a la generación de electricidad a partir de energía eólica, mientras que la mayoría (83%) se ocupa de la producción de electricidad a partir de energía fotovoltaica (*COME-RES | Home*, 2020). Cerca de 15.000MW del total de la capacidad instalada de PV está en manos de comunidades (50% del total). Adicionalmente, propietarios individuales corresponden a granjeros que está en aumento (Community-Power, 2016).

En el caso de energía eólica, el 25% del total de esta, se encuentra en manos de comunidades energéticas (30.857 MW en 2012). La bioenergía también constituye una parte importante de la matriz de renovables de Alemania, principalmente plantas de biogás y plantas de cogeneración de biomasa, cerca del 42% del total instalado (4.946 MW en 2012) de este sector está en manos de la comunidad (Romero, 2015). Los agricultores son los dueños de la mayoría de las plantas de biogás.

En las CES alemanas se dan dos tipos de enfoques (Schreuer, 2012): Modelo original de comunidad energética basado principalmente en la implicación de la población local y/o regional (bottom-up) y Modelos más orientados a la inversión, en los que un actor (local o no) comienza el proyecto y ofrece participaciones a individuos que pueden estar (o no) dispersados geográficamente (intervenciones top-down). Los esquemas financieros más usados son los esquemas basados en equity finance (cooperativas, closed-end funds (a través de GmbH & Co. KG) y Civil Law Partnerships (GbR)), los esquemas basados en debt capital y los esquemas basados en mezzanine capital. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los ciudadanos eligen esquemas basados en equity finance, sobre todo cooperativas y GmbH & Co. KG. Una GmbH & Co. KG es una estructura dual formada por una Sociedad Limitada (GmbH) y una sociedad en comandita (KG: Kommanditisten), que combina los beneficios de ambos tipos de entidades. CES típicas en Alemania son Bürgerwindparks: CES productoras de energía eólica, Bioenergiedorfs (pueblos bioenergéticos) y las CES productoras de energía solar fotovoltaica.

- **Bürgerwindparks (Parques eólicos)**

La energía eólica ofrece una oportunidad económica a las zonas rurales y otras zonas de escaso crecimiento económico. Con bastante frecuencia, las turbinas eólicas se instalan en estas zonas, proporcionando un valor local añadido a las comunidades cercanas que dependerá de cómo se financien (BWE, 2012). La propiedad colectiva de estas turbinas representa una alternativa democrática al suministro eléctrico convencional, permitiendo a los ciudadanos participar cuando haya que tomar decisiones sobre “su” parque eólico local. La estructura de estos parques eólicos puede variar en gran medida según la comunidad, pero todos tienen aportes financieros, conceptuales y organizativos directos que provienen de la ciudadanía local.

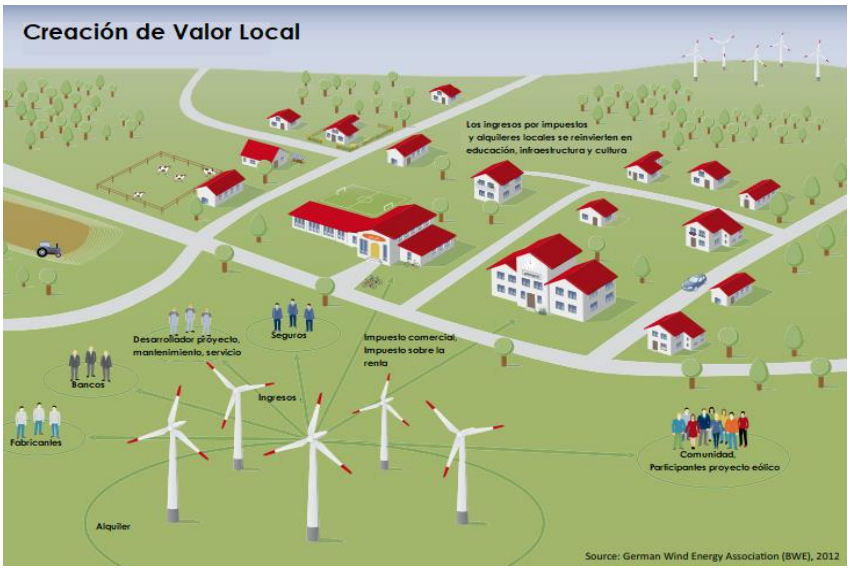


Figura 16. Diagrama comunidad eólica
Fuente: Tomado de (BWE, 2012)

En la zona norte de Alemania, los parques eólicos iniciados por ciudadanos son la norma, especialmente en North Frisia, cuna de los parques eólicos, donde el 90% de los 60 parques eólicos (capacidad total: 700 MW) son Bürgerwindparks. La primera comunidad eólica fue **Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog.**

Figura 17. Comunidad eólica Friedrich-Wilhelm-Lübke-Koog
Fuente: Tomado de (Gipe, 2017).

Originalmente, los 44 accionistas querían constituir 22 turbinas. En 1992 se crearon las primeras 14 y para 1999, parque eólico comunitario tenía 32 turbinas con una capacidad instalada total de 18,5 MW. Los habitantes de esta comunidad alemana viven y respiran energía eólica y energías renovables en general (Gipe, 2017). No es solo que utilicen turbinas eólicas y paneles solares que son parte de su vida diaria, sino que la razón por la que lo hacen ha tenido un efecto tan profundo en el movimiento ascendente de energía renovable en Alemania.

Otro ejemplo es The **Hilchenbach** wind farm. El parque eólico de propiedad comunitaria en el Rothaar Mountains está diseñado para yuxtaponer beneficios locales para los ciudadanos y beneficios globales para la protección del medio ambiente en los alrededores más cercanos. Además, el proyecto también subraya los beneficios locales de regionalizar los beneficios económicos de un parque eólico. Entro en operación en marzo de 2008 después de unos 13 meses de construcción. Está conformado por cinco turbinas que producen unos 23,5 MWh por año para alrededor de 6.700 hogares. Un total de 88 personas tienen acciones en el proyecto. La ciudad de Hilchenbach también adquirió participaciones en Rothaarwind GmbH & Co. KG. Mas de dos tercios de las acciones fueron para personas de la comunidad de Hilchenbach y sus alrededores. El parque eólico compensa alrededor de 21.000 toneladas de emisiones de dióxido de carbono cada año.

La comunidad energética de **Ingersheim** fundada en 2010 por ciudadanos de la localidad de Ingersheim bajo el lema: “Si no puedes hacerlo solo, puedes hacerlo con otros”. El objetivo era utilizar el proyecto para asumir la responsabilidad del suministro de energía sostenible y respetuoso con el clima para ellos mismos y las generaciones futuras. Es una comunidad energética que produce electricidad con una turbina eólica. La turbina tiene una capacidad instalada de dos megavatios, lo que proporciona suficiente electricidad limpia y segura para 1.200 hogares. La turbina también compensará alrededor de 46.000 toneladas de emisiones de dióxido de carbono a lo largo de sus 20 años de servicio (BWE, 2012).

Figura 18. Ubicación parques eólicos comunitarios
Fuente: Tomado de (BWE, 2012)

El concepto de la energía eólica de propiedad comunitaria contrasta con el modelo de los parques eólicos convencionales de propiedad de inversores particulares.

- **Bioenergiedorfs (Pueblos bioenergéticos)**

Los Pueblos bioenergéticos o Bioenergiedorfs es un programa lanzado por el gobierno alemán en 2005. La iniciativa se dirige a fomentar la creación de CES rurales centradas en la bioenergía. No es fácil determinar el número preciso de pueblos bioenergéticos en Alemania, porque no existe una única definición del término y porque las comunidades están desarrollando su potencial rápidamente. Según el Ministerio de Alimentación y Agricultura, los pueblos bioenergéticos deben cumplir las siguientes condiciones para ser reconocido como tal: i) al menos 50% de la demanda de energía debe ser suplida con biomasa de la zona, ii)los ciudadanos locales están implicados activamente, iii) La biomasa utilizada como recurso es propiedad, al menos en parte, de los habitantes y es cultivada localmente de forma sostenible, iv) Se consideran e implementan medidas de eficiencia y ahorro energéticos, v) Se crea valor añadido localmente y los beneficios se extienden regionalmente.

El primer pueblo bioenergético fue **Jühnde** (Baja Sajonia), en el que se fundó una cooperativa para construir, gestionar y operar una planta de cogeneración con biogás (BMEL, 2015). A la vista de los resultados positivos del proyecto de Jühnde, el gobierno decidió apoyar más proyectos de este tipo en otros estados federados de Alemania. Actualmente, existen unos 119 pueblos bioenergéticos registrados en el Ministerio de Alimentación y Agricultura, y otros 55 están en proceso (FNR, 2020).

Jühnde es un proyecto de demostración apoyado por el gobierno alemán mediante subvención. El pueblo tiene unos 800 habitantes, de los que más del 70% forman parte de una cooperativa fundada para planificar el proyecto y obtener las ayudas necesarias para la inversión (International Energy Agency (IEA) Bioenergy, 2009). En 2006 se inició la instalación de una planta de cogeneración de biogás 5,000 MWe y 6,500 MWt por año (IEA, 2018), producido mediante la co-digestión de diferentes cultivos energéticos (15.000 toneladas/año) y de purines líquidos (9.000 m^3/año) procedente de seis explotaciones ganaderas, una caldera de biomasa que usa astillas de madera de 500 kW y un distrito térmico para 145 hogares (Romero, 2015).

Figura 19. Planta de bioenergía en Jühnde
Fuente: Tomado de (IEA, 2018)

La planta está situada en las afueras del pueblo, a corta distancia de los edificios residenciales y actualmente proporciona la energía para toda la comunidad de Jühnde. Cada miembro de la cooperativa hace la inversión para la conexión de su hogar a la red de calefacción y paga una cuota mínima de 1.500 € para obtener derecho a voto. La cooperativa se encarga de la gestión de la instalación, empleando a dos personas para la operación de las plantas, logística y administración.

- **Cooperativas solares**

Mientras que los pueblos bioenergéticos comenzaron a desarrollarse en los años 90, con la promulgación del Electricity Feed Act (1991-2000) las plantas solares de propiedad colectiva tardaron más, debido principalmente al alto costo de los paneles solares. Lo que cambio a partir de 2000, cuando se aprobó un incentivo para las instalaciones fotovoltaicas. Este hecho aumento de forma significativa el número cooperativas fotovoltaicas, pasando de 4 en 2007 a 484 en 2014 (Romero, 2015).

La primera comunidad solar, **Energiegenossenschaft Odenwald eG** se creó en 2009 a partir de la cooperación entre actores locales, incluyendo el municipio y el banco cooperativo local. Actualmente tiene 2000 miembros y ha invertido en 5.000 kWp de sistemas solares fotovoltaicos repartidos en 70 edificios. Además de los paneles fotovoltaicos, la cooperativa ha invertido, junto con otras entidades en dos parques eólicos de 2 MW y 3 MW (Boontje, 2013). Solamente los ciudadanos que viven dentro de al zona de influencia de la cooperativa pueden ser miembros de la cooperativa. La cooperativa surgió con la idea de de ofrecer soluciones financieras para un suministro energético regional autosuficiente impulsado por los ciudadanos. La cooperativa comenzó con un enfoque en la energía solar, pero rápidamente se ha diversificado a opciones de energía eólica y distritos térmicos para los ciudadanos locales, además de mantener una pequeña estación para vehículos eléctricos. Comercializa productos de electricidad y gas natural. Referencia cooperativas solares adicionales ver (DGRV, 2020).

Freiburg es considerada desde los 70's la capital ecológica de Alemania y la Ciudad Solar de Europa. Hoy en día, sus programas de energía solar, eficiencia energética y transporte se encuentran entre los mejores del mundo. En 2003, grupos de ciudadanos comenzaron a preparar un plan para el consejo municipal, el cual reunió a accionistas de la comunidad y funcionarios cívicos, con un enfoque triple: ahorro de energía, tecnologías eficientes y fuentes de energía renovable. Es una comunidad que cuenta con sistemas de construcción sostenibles y energéticamente eficientes, sistemas CHP, biodigestores , sistemas térmicos solares, fotovoltaicos y eólicos, red de calefacción urbana para proporcionar calefacción y agua caliente doméstica y movilidad sostenible (Braff, 2021).

Figura 20. Hogares y ayuntamiento, Freidburg
Fuente: Tomado de (Braff, 2021)

Hasta 2007, las emisiones de CO2 se habían reducido en más del 20% per cápita, ha habido un aumento del 100% en el uso del transporte público, con hasta un 35% de los residentes que eligen vivir sin un automóvil. En 2008, las instalaciones fotovoltaicas totales de la ciudad cubrían más de 13.000 m2. (C40, 2011). Aunque la fuente de generación de electricidad principal es solar, también están transformando los residuos sólidos urbanos acumulados en el antiguo vertedero de Eichelbuck, en cuyos terrenos fue instalada la planta solar más grande de Frieburg en 2011, con una capacidad total de 2,5 MW que satisface las necesidades anuales de electricidad de alrededor de 1.000 hogares. El biogas del relleno sanitario también es usado para generar electricidad y calor a traves de una CHP, ubicada en el distrito de Landwasser generando energía eléctrica a 3.300 hogares y suministro de calor a 780. En 2014, se adiciona una planta de gasificación de madera aumentando la proporción de energías renovables en el distrito (FWTM, 2014).

Dinamarca

En Dinamarca existe una larga historia de suministro de energía de propiedad comunitaria. La producción de energía eléctrica era propiedad de cooperativas de consumidores y municipios, basado generalmente en el principio de no lucro. Esto cambió cuando Dinamarca implementó la política del mercado interior europeo de la energía que liberalizó el suministro de energía y permitió que las empresas se hicieran cargo de las centrales eléctricas. Hoy en día, la calefacción urbana, que está muy extendida en casi todas las ciudades danesas y es, con mucho, la fuente más grande en términos de suministro de calor, todavía está organizada en una forma de empresas sin fines de lucro propiedad de cooperativas de consumidores y municipios (CommunityPower, 2016). Dinamarca ha sido un país pionero en energía eólica y se mantiene hoy como líder en el sector. Dinamarca es también el país donde se realizaron los primeros proyectos modernos de CER y, lo que es más importante, contribuyó en gran medida al desarrollo de la industria eólica. Los primeros proyectos datan de 1970, cuando la crisis del petróleo los impulso a buscar otras alternativas. En las décadas de 1980 y 1990, la mayor parte de los molinos de viento levantados en Dinamarca eran propiedad de ciudadanos locales organizados en cooperativas. Hoy en día, solo el 20% de los proyectos de molinos de viento locales están reservados para la propiedad de los ciudadanos locales.

Desde 2009, la Ley sobre Energías Renovables impone a todos los desarrolladores de energía eólica la obligación de ofrecer una participación del 20% a los residentes que vivan en las cercanías de nuevas instalaciones. Siendo este enfoque en renovables, con participación de la comunidad lo que ayudo al país a su desarrollo en energía eólica. A fines de la década de 1990, más de 2.000 turbinas pertenecían a estas cooperativas y pequeños propietarios El éxito de las cooperativas eólicas se puede explicar, por un lado, con el desarrollo de la industria eólica nacional, que se convirtió en un objetivo de política industrial y por formas efectivas de apoyo económico, en particular subvenciones a la inversión, exenciones fiscales y (más tarde) tarifas de alimentación y por otro, con la participación de las comunidades locales (Verde & Rossetto, 2020). Actualmente se cuenta con la cooperativa eólica Middelgrunden (*Middelgrunden Windmill Cooperative – Middelgrunden*, n.d.), distrito térmico usando energía solar y comunidades energéticas en tres islas Marstal, Samso y Aero (VEDanmark, 2015).

Holanda

Los Países Bajos son pioneros en un nuevo enfoque para generar y compartir energía, lo que podría significar que los vecindarios del futuro cercano podrían producir su propia energía renovable. En 2018 un total 450 de proyectos de comunidades energéticas a partir de sistemas fotovoltaicos estaban en operación. La capacidad de energía solar se duplicó a 74,5 MWp y equivale a casi el 2% de toda la energía solar instalada en los Países Bajos. Más de 22.000 personas han invertido en proyectos solares comunitarios desde entonces, principalmente en sistemas sobre el techo. Los ciudadanos trabajan conjuntamente para crear la cooperativa e invierten en paneles solares en tejados o en parques solares en sus vecindarios. Se han establecido una o más cooperativas en dos tercios de todos los municipios. Casi 70.000 ciudadanos son miembros de una cooperativa, lo que representa aproximadamente el 1% de todos los hogares holandeses (HIER, 2018).

Figura 21. Comunidades energéticas en Holanda
Fuente: Tomado de (SHREC, 2020).

El número de parques solares está aumentando rápidamente. Las cooperativas tienen participaciones significativas en 23 parques solares y están trabajando en al menos 27. De otro lado, casi el 20% de todas las cooperativas se dedican al desarrollo de energía eólica, desde hace casi treinta años. Las cooperativas de la primera generación ahora están realizando proyectos a gran escala. A continuación se mencionan algunas de estas cooperativas.

Windpark Krammer

Es el mayor proyecto eólico propiedad de ciudadanos en Holanda, genera 1.5 a 2 MWh al año. Es propiedad en un 51% de las dos cooperativas eólicas más grandes, Deltawind y Zeeuwind. En 2018, 25 de 34 aerogeneradores de Windpark Krammer, se conectaron a la red. La energía eólica de propiedad cooperativa actualmente suma 159 MW, un 40% más que el año pasado y casi un 5% de todas las turbinas eólicas terrestres. Las turbinas eólicas generan suficiente electricidad para 120.000 hogares. La cooperativa llamada Kennemerwind Co-op Noord Holland, tiene diez dueños y 650 miembros (HIER, 2018; SHREC, 2020) .

Figura 22. Cooperativa eólica Kennemerwind, Holanda
Fuente: Tomado de (Gipe, 2018).

Las cooperativas locales unieron sus fuerzas para establecer su propio proveedor de energía local, una cooperativa de cooperativas con permiso para comerciar en los mercados de energía. Desde 2013, dos proveedores de energía de propiedad cooperativa han estado activos en el mercado: Energie Van Ons ("energía de nuestra propiedad") y om I nieuwe energie ("hacer el cambio a una nueva energía"). Estas cooperativas tienen como política, devolver los ingresos a los miembros locales. Actualmente, más de 130 cooperativas locales hacen parte de una de estas cooperativas proveedoras.

También en 2018, se establecieron las primeras cooperativas de biogás, las cuales generan electricidad a partir del gas de los vertederos. Así mismo, al menos 22 cooperativas están organizadas con esquemas de uso compartido de automóviles, algunas también invierten en estaciones de carga eléctrica en áreas públicas. Han comenzado los primeros proyectos de almacenamiento comunitario, que combinan generación solar con almacenamiento a gran escala y un caso de negocio basado en precios dinámicos, servicios de flexibilidad y el mercado de equilibrio, y están desarrollando proyectos de hidrógeno usando energía eólica y gas. Ver infográfico sobre Comunidades energéticas en Holanda, por tipo de fuente en (HIER, 2018). A continuación, se describen algunas de las comunidades energéticas de Holanda.

Grunneger power

Grunneger Power es una cooperativa de energía local ubicada en la ciudad de Gröningen, tiene más de 1000 miembros en la ciudad y pueblos vecinos, donde desarrolla, parques solares. Desarrolla proyectos energéticos en cooperación con el municipio de Gröningen quien contribuye financieramente (préstamo) o proporciona bienes inmuebles (terreno en alquiler). También operan con la figura de crowdfunding, préstamos financieros y marketing estratégico, Grunneger Power desarrolló varios proyectos energéticos relacionados con la producción de energía solar o la producción de calor, todos con la participación activa de los ciudadanos locales (Grunnenger, 2019).

Figura 23. Grunenger Power comunity
Fuente: Tomado de (Grunnenger, 2019)

Grunneger Power se estableció a principios de 2011 como una Asociación Cooperativa, en la que los ciudadanos eran miembros activos. La primera inversión financiera de 200.000 euros fue pre-financiada (préstamo) por el municipio de Gröningen y con la cual se construyó un parque solar de 7.777 paneles solares que producen 2.300 MW de energía. El establecimiento de Grunneger Power generó una ola de conciencia sobre la producción de energía.

Schoonschip Energie Coöperatie, Amsterdam

En 2008, un pequeño grupo de ciudadanos decidió investigar las posibilidades de crear una comunidad que se encargue, en la medida de lo posible, de sus propias necesidades en cuanto a energía, agua y alimentos. El grupo se expandió a un total de 46 hogares, que decidieron conformar conjuntamente un nuevo barrio de 46 casas flotantes (Bridge, 2019). Los miembros de esta "comunidad Schoonschip", ahora producen, almacenan y comparten sus productos, electricidad renovable, operar su propia red y participan de diferentes mercados de electricidad. Es una cooperativa en las cual cada miembro opera su propio sistema solar que cuenta con batería de almacenamiento. La comunidad opera también la red de distribución local. Es una comunidad energética cerrada, cuyas actividades se centran en producción, almacenamiento, intercambio de electricidad renovable de producción propia.

Figura 24. Comunidad energética flotante, Schoonschip
Fuente: Tomado de (Europe, 2011)

Amelander Energie Coöperatie U.A. Ameland, NL.

Se creo en 2009 por un grupo de vecinos de la localidad de insular de Ameland. Hoy la cooperativa es dueña de 1/3 del más grande parque solar en Holanda, 23000 paneles solares de la isla. Genera la energía necesaria de 1500 hogares, 6 MW, 20% del total de la necesidad de la isla.

Figura 25. Vista Parque solar Isla Ameland10
Fuente: Tomado de (AEC, 2010)

El modelo de organización es el de cooperativa, de participación abierta y voluntaria. Las decisiones las toma el consejo de administración con sistema de mayoría simple y 50% de quorum. Cada miembro tiene un voto y la mayoría son residentes de la Isla. Control directo de la cuenta y distribuciones de ganancias se deciden anualmente en la asamblea general. Control indirecto a través del supervisor y la Junta Ejecutiva. Control indirecto limitado porque los miembros del Consejo de Administración pueden dimitir a más tardar el año siguiente al septuagésimo aniversario de la cooperativa. Actualmente, la Junta consta de cinco personas que fueron responsables para la creación de la cooperativa. Sin embargo, nunca fueron democráticamente elegidos por los propios miembros. El objetivo de la comunidad es producir energía eléctrica renovable, mitigar la generación de CO2 (4,100,475.41 kgCO2) por parte de sus miembros y contribuir al desarrollo sustentable de la isla (Bridge, 2019).

Elementos clave para el éxito:

- Subvenciones del gobierno.
- Socios adecuados: KnowHow de Eneco y el trabajo colaborativo de la comunidad.
- Modelo replicable: se ha replicado el modelo de negocio cooperativo en la isla Schiermonnikoog.
- Esquema de código postal, por el cual los usuarios reciben un descuento en la factura por ser generada de manera local y sostenible.

Barreras institucionales:

- Muchos requisitos para la licencia de operación.
- El ámbito al que se aplican tales obligaciones es nacional, es decir, el proveedor debe ser capaz de cumplir con las obligaciones hacia todos los pequeños empresas y hogares en el país.
- Las obligaciones financieras y técnicas vinculadas al suministro licencia están relacionados con este alcance, lo que significa que pequeñas organizaciones como AEC son incapaz de obtener dicha licencia.
- RED II y EMD formulan el derecho a proporcionalmente justo y no procedimientos discriminatorios, incluidos los procedimientos de concesión de licencias.

Zeeuwind y Deltawind

Son dos cooperativas locales de energía ciudadana que colaboraron en 2014 para desarrollar un proyecto eólico de 102 MW que costó 215 millones de euros denominado “Windpark Krammer”.

Figura 26. Parque Eolico windpark krammer
Fuente: Tomado de (Krammer, 2020)

Windpark Krammer está formado por 34 aerogeneradores Enercon E-115 (3 MW de capacidad y 122 metros de altura), construidos a lo largo de los diques "Philipsdam" que bordean el lago Krammer. El proyecto fue iniciado por vecinos que, tras haber contribuido a su desarrollo y construcción, gestionan el parque eólico a través de las cooperativas. El 60% del parque eólico es propiedad de Deltawind y Zeeuwind (DZH), con alrededor de 5.000 miembros. En 2019, Kallista Energy, adquiere las acciones que eran propiedad de Enercon (EIPP GmbH). Cada año se producen alrededor de 365 GWh de electricidad. Este parque evitar emisiones durante toda su vida útil de 4 millones de toneladas de CO_2 (Kallista-Energy, 2021). A continuación, se muestran otras iniciativas de comunidades energéticas en Holanda:

Tabla 14. Proyectos impulsados por comunidades energéticas en Holanda
Fuente: Adaptado de (Tounquet et al., 2019)

#	Año	Nombre proyecto	Cooperativa	Principal interesado	Tecnología
1	2016	Aardehousen	Asociación de propietarios Aardehousen Olst	Olst	• Paneles fotovoltaicos • Gestión de Energía a través de las TIC • Batería colectiva • P2P • Tarifas dinámicas de electricidad
2	2017	Micro Energy Trading Amesfosrt	Cooperativa energética gemeente Amersfoort U.A.	Amesfoort	820 casas y un Complejo deportivo conectado a una red inteligente
3	2018	Duurzame Wijkenergiecentrale Trudo	Cooperativa energética Trudo U.A	Trudo	• Techos fotovoltaicos • Dos pequeñas turbinas eólicas • Gestión de red apoyada por ENEXIS - un DSO
4	2018	Zeuven heuvels Wezep	Cooperativa energética Woonwijk Zeuven Heuvels Wezep U.A.	Wezep	• 57 casa emisión cero • Paneles fotovoltaicos (377 MWh año)
5	2018	Red de energía inteligente Bajeskwartier	Cooperativa Bajeskwartier U.A.	Bajeskwartier	• 950 apartamentos emisión cero • Energía fotovoltaica y eólica para electricidad • Almacenamiento • Carga de vehículos eléctricos • Bombas de calor • El operador de red regional Liander cumple con sus obligaciones legales como operador de red
6	2019	Comunidad de movilidad energética compartida Amersfoort	Cooperativa energética gemeente Amersfoort U.A.	Amesfoort	• Compartir el uso de VE • Red inteligente que conecta 400-800 casas • Comercio interior de energía

Reino Unido

Después de Dinamarca y Alemania, el Reino Unido es uno de los primeros países de Europa donde el concepto de CER comenzó a afianzarse. Sin embargo, después de más de dos décadas, su penetración en la industria eléctrica británica, aún sigue siendo relativamente limitado. A arte de algunas empresas comunitarias concentradas en Escocia, las CER solo empezaron a aparecer en el nuevo milenio con la aparición de las subvenciones a estos proyectos, que inicialmente eran de más de 5 MW y que solo a partir de 2004 se incluyeron plantas más pequeñas (>50kW). Durante estos años, las empresas comunitarias en las zonas rurales continuaron siendo el nicho primario para el desarrollo de energía renovable liderado por la comunidad, siendo 2010 el año que representa un punto de inflexión con la aparición de los esquemas de tarifa fija paa que sea usada la energía renovable. El esquema, junto con incentivos fiscales y préstamos públicos, resultó muy eficaz para estimular la inversión en CER. En cinco años, entre 2009 y 2014, la cantidad total de capacidad energética instalada de propiedad comunitaria casi se cuadruplicó, de 28MW a 105MW(Verde & Rossetto, 2020).

En Reino Unido, el ayuntamiento de Nottingham ha lanzado el programa “Robin Hood Energy”, un proveedor energético no lucrativo de propiedad totalmente municipal. Estas iniciativas municipales suelen contar con la participación directa de la ciudadanía. El ayuntamiento de Plymouth ha apoyado el lanzamiento de una CE que ha mejorado la eficiencia energética del parque de viviendas de bajos ingresos. Esta cooperativa ayuda a estos hogares a acceder a subvenciones para resolver sus deudas y a llevar a cabo obras gratuitas y asistidas para implantar mejoras en el aislamiento de sus viviendas, además de ofrecer orientaciones sobre las mejores opciones tarifarias para el suministro energético.

Londres ha hecho de la “energía ciudadana” el pilar crucial de su estrategia de cara al 2050. Con el objetivo de incrementar la capacidad solar local hasta 2 GW, ha creado una partida presupuestaria especialmente dedicada a las CE. Como planificadoras de la ciudad, las autoridades locales pueden asegurar que los nuevos desarrollos urbanos o los grandes proyectos de remodelación tengan en cuenta la dimensión de las CE. Iniciativas como Repowering London demuestran que las CE son importantes (Romero, 2015). Esta iniciativa tiene como beneficios: La población local ve las instalaciones solares como algo accesible y apoya las energías renovables, apoya a las personas en situación de pobreza energética al dedicar el 20% de las ganancias de Brixton solar al Programa Comunitario de Ahorro de Energía, ayuda directamente a las participantes de la comunidad en situación de pobreza energética, renovando casas con mejor aislamiento, otras mejoras de eficiencia energética y educación sobre el comportamiento de ahorro de energía, además, de capacitar a la juventud de un barrio socialmente vulnerable convirtiéndolos en expertos sobre energía, para que ellos sean multiplicadores de información y hasta desarrolladores de proyectos de energías renovables.

- **Cooperativa Solar Comunitaria de Edimburgo**

La Cooperativa Solar Comunitaria de Edimburgo (ECSC) es una Sociedad de Beneficio Comunitario **(BenCom)** que inicio funcionamiento en 2016. **Sus objetivos** combinan aspectos ambientales y sociales, enfocados en la reducción de emisiones, el alivio de la pobreza energética, la mejora de la seguridad energética y la promoción de la educación para el desarrollo sostenible. Actualmente opera una serie de paneles solares fotovoltaicos que producen **1.4 MW**, los cuales están ubicados en los **techos de 24 propiedades** del ayuntamiento incluidas escuelas, centros de ocio y pasillos comunitarios (de la Tierra, 2020).

Los propietarios de los edificios, el Ayuntamiento de Edimburgo, compra la electricidad y el exceso se vende a la red. También genera ingresos sustanciales a través de la tarifa de alimentación. Cualquier excedente de ingresos se emplea en otras iniciativas locales relacionadas con la sostenibilidad a través de su Fondo de Beneficio Comunitario. La gran mayoría de los costes de capital de la cooperativa se cubrieron con lo que se recaudó a través de acciones comunitarias, y lo faltante con préstamos(UKERC, 2020).

El gran **desafío** para la cooperativa fue el hecho de que una gran proporción de la población de Edimburgo vive en apartamentos con terrenos privados o comunales muy limitados, que los residentes pueden utilizar para generar energía renovable. La falta de acceso a los tejados dificultaba su uso. La energía solar fotovoltaica en la azotea de estas viviendas generalmente requería el consentimiento de todos los propietarios de apartamentos y posiblemente también de las empresas de administración de edificios. Además, no todos los bloques de viviendas son aptos para la generación de energía solar fotovoltaica, debido a su tono, aspecto, etc., lo que significa que solo las

personas que viven en propiedades adecuadas podrían haberse beneficiado. La solución fue instalar los paneles en techos de propiedad pública. Esto evito las dificultades de instalar energía solar fotovoltaica en edificios de viviendas de propiedad privada y creó la oportunidad para que los residentes locales se unieran a la cooperativa por el precio de una participación comunitaria.

- **Cooperativa Energy4All**

Es una cooperativa nacional que incluye a 30 cooperativas energéticas pequeñas. Trabaja con comunidades que quieren desarrollar energía renovable de propiedad cooperativa y comunitaria. Tiene alrededor de 16,632 miembros. Recauda fondos a través de acciones públicas y ofertas de bonos, aporta la experiencia técnica para construir proyectos y al finalizarlos, estas cooperativas se convierten en socias accionistas de Energy4All y continúan apoyando el desarrollo de más proyectos energéticos comunitarios. Es una compañía limitada privada. Desarrolla múltiples fuentes de energía, solar, eólica, hidro y calor residencia (Energy4all, 2019).

- **Brixton Cooperativa solar:**

Cooperativa de energía solar sin fines de lucro para una de las zonas más empobrecidas de la capital británica que busca crear proyectos de energía renovable de propiedad cuyos ingresos financieros se mantengan dentro de la comunidad local. Su idea es de involucrar a toda la comunidad en el proceso a través de la generación de energía en Brixton para, a su vez, incrementar la seguridad energética. Buscan sensibilizar sobre la eficiencia energética, brindar capacitación, reducir costos de energía y emisiones de CO_2, y crear oportunidades para inversiones financieras locales y responsables (Brixton, 2019).

- **LEM Cornwall:**

Programa que busca explorar soluciones energéticas flexibles e inteligentes para el Reino Unido financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional y la empresa Centrica. El negocio de energía distribuida está trabajando en una prueba pionera en Cornwall que probará el uso de la demanda flexible, la generación y el almacenamiento en los sectores doméstico y comercial. Busca hacer un cambio estructural del panorama energético de un mercado centralizado a una estructura descentralizada para nuevas soluciones de energía inteligentes. Se apoya de la plataforma LEM desarrollada por N-SIDE (Centrica, 2020).

- **Comunidad energética Plymonuth**

En esta comunidad, un grupo de organizaciones utiliza deliberadamente una estructura cooperativa dirigida por sus miembros para permitir que los representantes de la comunidad tomen el liderazgo en las soluciones locales para la emergencia climática y la transición energética.

Parte del problema es nuestra dependencia de los combustibles fósiles, el dominio de las grandes empresas de energía y los hogares fríos y mal construidos. Así que creamos modelos de negocio y planes para desafiar los negocios tradicionales. Al otorgar a la población local el control sobre la generación de energía renovable y cero emisiones de carbono, viviendas asequibles, generando cambio a nivel local (PEC, 2021).

Figura 27. Comunidad Energética de Plymouth
Fuente: Tomado de (PEC, 2021)

Esta cooperativa emplea un esquema combinado de financiación externa y dinero recaudado a través de acciones comunitarias, para instalar energía solar en escuelas y edificios comunitarios o para construir viviendas dirigidas por la comunidad. La población local se beneficia de la energía renovable de bajo costo, los inversores obtienen un rendimiento justo y se genera un fondo de beneficio comunitario para poder apoyar más proyectos que reduzcan la pobreza energética y las emisiones de carbono(PEC, 2021).

Suiza

La expansión de la energía renovable ordenada por la Ley de Energía en Suiza pretende descentralizar aún más la generación de energía y calor. Suiza fue testigo del establecimiento de varias Cooperativas de energía renovable en la década de 1990. Luego, en la segunda mitad de la década de 2000, hubo un crecimiento sustancial en el número de cooperativas de energía renovable. En general se han podido identificar a 2016, alrededor de 289 cooperativas de energía en Suiza, de las cuales cerca de la mitad están ubicadas en los cantones de Aargau, Berna y Zurich (Schmid et al., 2020). De estas, alrededor de 150 producen energía a partir de fuentes renovables, muchas constituidas desde la década de los 90's, y están ubicadas principalmente en zona rural. La mayoría de los miembros de las cooperativas de energía son particulares, agricultores y comunas o sus representantes (WSL, 2018).

En general, las comunidades energéticas muestran un vínculo fuerte entre los miembros y las autoridades municipales o locales donde se halla ubicada. Y destaca que un modelo de tipo federalista es el más adecuado para los acuerdos de este tipo en la municipalidad. En el esquema de organización cooperativo, los miembros pueden ser tanto personas naturales como instituciones oficiales. Lo que permite mejor cooperación entre los miembros de la comunidad y los tomadores de decisiones en el gobierno local (Meister et al., 2020). En suiza, los municipios y las empresas de servicios públicos son actores claves para las cooperativas energéticas. Sin embargo, aún permanecen aisladas localmente, lo que las aleja de una estrategia de integración energética, que si bien beneficia a la comunidad donde se ubica, no es suficiente para impulsar su desarrollo.

El Quartierstrom, del alemán electricidad comunitaria, proyecto desarrollado en la localidad suiza de Walenstadt, es un piloto de energía comunitaria bajo el concepto de microred P2P usando blockchain. Este proyecto piloto representa el primero en su tipo en el mundo y fue probado con éxito durante un año en esta localidad Suiza, tiempo en el cual, 37 hogares de la comunidad intercambiaron energía producida localmente. La comunidad cubrió el 33% de su demanda de electricidad con energía solar producida por los hogares con energía solar fotovoltaica instalada.

Figura 28. Comunidad energética Walenstadt, Suiza
Fuente: Tomado de (Ali, 2020)

El piloto consiste en una microred donde los generadores de la energía establecen su precio de venta y los que están en disposición de comprar su precio de compra y de esta manera se establece un mercado de energía, en donde a través de una plataforma transaccional se realizaron subastas de energía eléctrica fotovoltaica cada 15 minutos. En este piloto, hubo compromiso de parte de los miembros de la comunidad y la empresa local de servicios públicos, quien compro el excedente de electricidad generada y suministro la energía necesaria si la autogeneración no cubría la demanda de la comunidad (Ali, 2020). Los hogares participantes y el proveedor de energía se convencieron del potencial y el equipo investigador se convirtió en la startup Exnaton. Ahora solo falta la ley de la electricidad, la cual espera que luego de una revisión pueda promover comunidades energéticas (Ableitner, 2020).

Francia

La región francesa de Occitania comenzó a ofrecer apoyo financiero y logístico para proyectos de CE en 2014 y se convirtió en la ubicación perfecta para los dos primeros parques fotovoltaicos 100% ciudadanos del país ("1,2,3 Soleil" y "Le Watt citoyen"). Sin embargo, desde 2014, se han adjudicado 46 proyectos de comunidades energéticas, muchos de los cuales ya producen energía renovable con alrededor de 3.000 personas de la región como socios y 40 comunidades involucradas. A continuación, se mencionan algunas.

- **Enercoop.**

Hace 15 años, cuando algunas ONG ecologistas, personas expertas en el ámbito de la energía, desarrolladores de proyectos y empresas del mundo de las finanzas alternativas dieron el paso de crear la comercializadora de energía Enercoop, que actualmente ya compra energía renovable a los productores directamente. Anteriormente, la ley francesa estipulaba que, si los productores querían acogerse a las tarifas de recompra reguladas por parte del gobierno, la energía renovable producida en el país tenía que venderse en primer lugar a la histórica compañía eléctrica francesa. Así pues, durante sus primeros años de operación, Enercoop tuvo que comprar su energía renovable de centrales hidroeléctricas propiedad del Estado francés (de la Tierra, 2020).

- **SAS Ségala Agriculture et Energie Solaire (SAS SAES)**

Es una Sociedad Cooperativa de Interés Colectivo en Dendroenergía. El proyecto fotovoltaico de Fermes de Figeac es una iniciativa para instalar techos solares en los edificios agrícolas se iniciaron en gran medida como una reacción al alto costo de la alimentación en Francia. El objetivo de esta cooperativa es la mutualización de un recurso común como ingreso adicional para el territorio, además de garantizar ingresos regulares a los agricultores y de reinvertir las ganancias en activos locales y la revitalización de la zona rural donde las actividades de agricultura están en declive. Cuenta con 180 miembros y está en funcionamiento desde 2008, generando energía eléctrica renovable(Caramizaru & Uihlein, 2020).

Bélgica

Las comunidades energéticas, la eficiencia energética y la implementación de energías renovables y en general las competencias en materia de energía están regionalizadas en Bélgica, a excepción de la infraestructura a gran escala. Las regiones de Flandes, Valonia y Bruselas son las más involucradas (Comission, 2021). En Bélgica, la forma de organización más usada es la cooperativa. La mayoría de los proyectos comunitarios son del tipo CER, iniciados por REScoops (cooperativas de fuentes de energía renovable) que son miembros de la Federación de grupos y cooperativas de ciudadanos para las energías renovables en Bélgica (REScoop.be). Los participantes de un CER deben estar ubicados en el perímetro local donde la entidad realiza su operación (Bridge, 2019). Se cuentan entre otras fuentes de energía: 16 generadores eólicos, 320 instalaciones fotovoltaicas, tres pequeñas hidroeléctricas, una planta de cogeneración a partir de biomasa y una planta de producción de pellets de madera con una capacidad de 40 mil toneladas por año. Se conocen las siguientes REScoops: Ecopower, Beauvent, Bronsgroen, Core, EnerGent, Volterra y Pajopower, cuya ubicación se muestra a continuación (Community-Power, 2016; RESCoop, 2019).

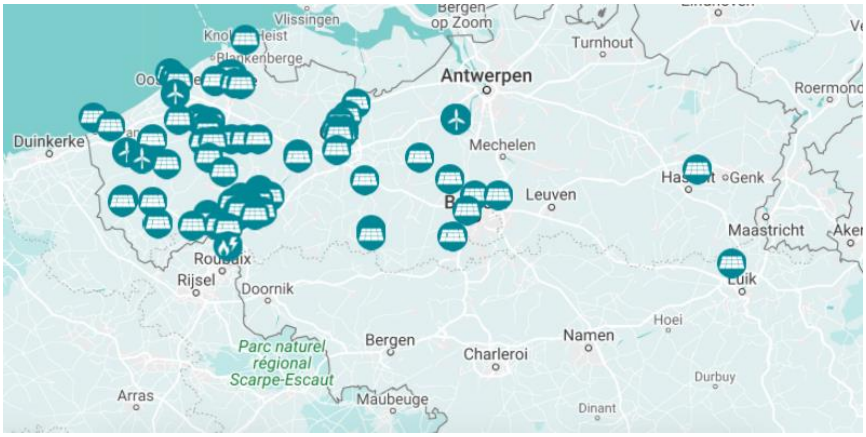


Figura 29. Ubicación y tipo de REScoops en Bélgica

El propósito de las EC en Bélgica es brindar servicios ambientales, sociales y beneficios económicos a nivel local sincronizando y optimizando el flujo de la electricidad. Dentro de sus actividades permitidas esta la producción, suministro, agregación, compartición, almacenamiento, servicios de eficiencia energética y otros relacionados con la energía (Bridge, 2019).

De igual manera tienen un Modelo de coinversión entre cooperativas de energía renovable y ayuntamientos. Amel y Bülingen son dos municipios en la región germanófona de Bélgica que han decidido desarrollar un gran parque eólico en terrenos municipales. El 60% del proyecto va a ser público, propiedad de dichos municipios (30% de Amel y 30% de Bülingen). El 40% restante será propiedad de dos cooperativas de energía locales. 27% será propiedad de Courantd'Air y13% de Ecopower. Se va a crear una Entidad con Cometido Especial (ECE) para acoger este partenariado público-ciudadano. En Bélgica, también es destacable que las autoridades locales pueden abrir licitaciones para el desarrollo de proyectos de energía renovable en terrenos públicos.

- **BeauVent**

Es una cooperativa energética de responsabilidad limitada, con más de 5000 miembros, que opera desde el año 2000. Beauvent es una cooperativa que actúa como productor de energías renovables. Vende la electricidad que produce a Ecopower y a grandes clientes finales. La cooperativa también opera una red de calefacción urbana. Recoge fondos para invertir en energía eólica, paneles solares, biomasa y eficiencia energética, aplicaciones como CHP y redes de calor. Promueve el uso de menos energía y hace proyectos de sensibilización y educación sobre energía. Fomenta la inversión colectiva en renovables y casas de bajo consumo. Genera en dos de sus instalaciones, Nieuwkapelle Park, 4 000 000 kWh y en Gistel windmill, 2.4 MW.

- **Ecopower CVBA**

Fundada en 1982. Es la más exitosa cooperativa de energía en Bélgica. Actúa como proveedor y productor de energía verde. Fue clasificada como una CEC. Los excedentes de energía son usados para financiar proyectos individualmente o en asocio con otras cooperativas. De participación abierta Para toda persona natural o jurídica independiente de su ubicación geográfica, ingresa con la compra de mínimo una acción que cuesta 250 euros. Es semi-voluntaria (seis meses antes que finalice el año, cada miembro tiene la opción de salir, La Junta Directiva puede permitir excepciones, pero también puede rechazar si esto pone en peligro la estabilidad de la cooperativa). Dentro de sus actividades están la generación de electricidad a partir de radiación solar, eólica e hídrica e Bélgica y suministro en Flanders, servicios de eficiencia energética, producción de pellets y briquetas de madera de pino de origen local y suministro en Bélgica y Holanda.

En Eeklo (Bélgica) la cooperativa Ecopower comparte la propiedad de una turbina eólica con el ayuntamiento. Este tipo de colaboración público-cívica tiene un enorme potencial: los cargos políticos locales sacan un beneficio de las turbinas, mientras que la cooperativa energética proporciona el saber hacer, se hace eco de las voces de la ciudadanía e incluye a los grupos vulnerables(de la Tierra, 2020).

Objetivos: Recaudación de recursos financieros para la producción de energía alternativa, sostenible y renovable; Desarrollar un sistema energético descentralizado y democrático y Promoción de una economía cooperativa.

Barreras institucionales: Competencia "desleal" sobre los derechos de construcción. superficies = acuerdo legal relativo al permiso para construir una estructura en la propiedad de otra persona por un tiempo determinado de mutuo acuerdo, pero un punto en el tiempo potencialmente ilimitado. Incerteza en los cálculos de potencial de rentable de la energía. Es difícil construir un caso de negocio para proyectos fotovoltaicos y resulta que los techos adecuados no se utilizan al máximo. Ventajas para grandes jugadores. Se está dando ventajas a grandes compañías para generación eólica.

Beneficios ambientales y económicos: Mitigación de CO2, Dividendos anuales (0-6%), 44 empleados. Suministro a costo de energía renovable a los miembros de la cooperativa y pago de dividendos anuales (hasta 6%). Ecopower solo maneja una tarifa y no hay costos fijos ni reciben beneficios por el suministro, es servicio a los miembros.

Elementos clave para el éxito:

- Subsidios iniciales de financiación.
- Arreglo favorable con la empresa eléctrica, Electrabel para vender los excendentes de energia
- Establecer una organización para generar energía renovable en Flanders.
- Emisión de Certificados de energía verde desde 2003.
- Autoabastecimiento de energía y proveedor desde 2003.
- Historial ético: Ecopower se centra en la democracia energética, la justicia social y la sostenibilidad. Al promover este mensaje tan temprano y consistentemente, ha podido diferenciarse de su competencia en el mercado energético.

España

Las Comunidades Energéticas Locales (CEL) están empezando, poco a poco, a tener presencia en España. Gracias a la introducción de medidas para el fomento de RES, el número de instalaciones de generación energética renovable se ha incrementado notablemente, especialmente en el sector eléctrico ha pasado del 19% en 2004 al 33,5% en 2012(Romero, 2015). Se trata de un nuevo modo de generar, usar y gestionar energía renovable a nivel local a través de la cooperación entre agentes -ciudadanos, administración local y pymes-, donde sus miembros tienen capacidad de decisión y se convierten en productores, gestores y usuarios de energía limpia y más económica, mediante instalaciones de autoconsumo de su propiedad.

España tiene uno de los mayores potenciales de producción de energía solar (ver mapa). Sin embargo, el resultado de los obstáculos legislativos recientemente introducidos ha hecho que las pequeñas empresas de electricidad solar estén cerrando y algunas personas están quitando los paneles fotovoltaicos de sus techos, por lo que existe un gran movimiento que promueve las cooperativas como una forma de producción de energía descentralizada propiedad del pueblo (Saavedra et al., 2020). Se diferencian dos tipologías de CE: i)CES comercializadoras de energía eléctrica: Cooperativas que se dedican principalmente a la comercialización de electricidad renovable producida por terceros y ii) CES productoras de energía eléctrica: Generalmente se trata de cooperativas agroganaderas que implantan medidas de eficiencia energética en sus procesos de producción, como es el caso de COVAP y FEIRACO, dos cooperativas productoras de leche que entre otras medidas, han instalado sendas plantas de cogeneración a gas natural de aproximadamente 7,5 MW cada una.

En España, se estima que las comunidades energéticas podrían cubrir el 60% de la demanda eléctrica del país y casi la totalidad de la demanda de los sectores doméstico y terciario con la generación de 148.610 GWh al año (Saavedra et al., 2020).

Figura 30. Comunidades energéticas en España
Fuente: Tomado de (El-Pais, 2020)

Del grupo de comercializadoras, El 73% (16 cooperativas) se sitúan en la Comunidad Valenciana (donde abastecen a unos 50.000 socios). El resto se ubican en la Comunidad de Madrid (2), Cataluña (2), Andalucía (1) y País Vasco (1). De todas ellas, sólo 4 pueden ser consideradas CES, ya que son las únicas que venden electricidad renovable (con certificados de origen): Enercoop, Zencer, GoiEner y Som Energia. Actúan a nivel peninsular (salvo Enercoop, cuyo ámbito de actuación se reduce a la provincia de Albacete)(Romero, 2015). Y del grupo de productoras, se tienen ejemplos de cooperativas agroalimentarias, que han implantado medidas de eficiencia energética y/o energías renovables. A continuación, se describen algunos cooperativas enérgeticas (de la Tierra, 2020):

- **Cooperativas Orensanas**

Es la red de cooperativas avícolas y ganaderas más importante de Galicia y el mayor grupo cooperativo del sector agroalimentario español. Es una cooperativa de segundo grado, integrada por 20 cooperativas de primer grado y unos 3.200 socios. Entre sus instalaciones, cuenta con 2 plantas de cogeneración, de 3,5 MW (gas natural) y 6,5 MW (gasóleo). Toda la electricidad producida (para abastecer a unas 20.000 personas) se vende a la red y la energía térmica residual se aprovecha para secar purines. Y una planta de cogeneración con biogás procedente de residuos ganaderos, con una potencia de 14,8 MW. Además de producir electricidad, esta planta trata residuos ganaderos transformándolos en abono, evitando a su vez, problemas de contaminación ambiental generados por residuos ganaderos. Su capacidad es de 110000 toneladas de residuos al año, que se reducen a 15000 toneladas de abono orgánico y con la digestión además del abono, calor y electricidad suficiente para cubrir 25 granjas propias y 107 instalaciones de cooperativistas(Romero, 2015).

- **Som Energía**

Som Energía fue la primera cooperativa de energía establecida en España. La cooperativa fue fundada por 150 personas en 2010, siete años después, el proyecto tenía 47.000 personas socias y hoy en día, tiene casi 68.000. La mayoría de la ciudadanía no puede permitirse el lujo de construir proyectos eólicos, hidroeléctricos o solares de manera independiente, pero Som Energía ofreció la posibilidad de trabajar juntas para apoyar la energía renovable. La organización sin fines de lucro comenzó comprando energía verde local de las fuentes existentes, para que las personas miembros pudieran comprar electricidad a precios asequibles y mientras tanto Som Energía construyó sus propias instalaciones solares y trabajaron en nuevos proyectos de producción con sus grupos locales. El objetivo era producir la electricidad suficiente para satisfacer el 100% de la demanda de sus personas miembros.

Después de que el gobierno español dejó repentinamente de dar soporte financiero, Som Energía creó un innovador sistema de apoyo llamado Generación kWh, para establecer nuevos proyectos contra el precio de mercado(de la Tierra, 2020).

Figura 31. Som Energia y Generación kWh
Fuente: Tomado de(de la Tierra, 2020)

Los usuarios consumidores abastecidas por Som Energía no son sólo clientes sino co-propietarias de la cooperativa, que participan en la toma de decisiones. También pueden invertir directamente en el desarrollo de proyectos energía renovable. La cooperativa energética combina el modelo cooperativo, el compromiso ciudadano y la generación de energía renovable para contribuir con el desarrollo de su comunidad y con el medio ambiente en general.

- **Sapiens Energía**

Una de las regiones que más está apostando por el desarrollo de las CEL es la Comunidad Valenciana. De los 33 proyectos de comunidades energéticas locales registrados en España por el IDAE en diferentes fases de desarrollo, ocho se enmarcan en esta Comunidad Autónoma, cifra que se multiplicará de forma exponencial en 2021. Para fomentar su implantación en la región, la Generalitat Valenciana ha puesto en marcha el 'Plan Estratégico de Comunidades Energéticas 2030'. El Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE), por su parte, ha articulado una línea de ayudas para comunidades energéticas, dotada con 550.000 euros el pasado año, de los que algo más de 300.000 euros se utilizaron para respaldar siete proyectos de autoconsumo compartido presentados por CEL, con cobertura de hasta el 65% del coste de la instalación fotovoltaica a fondo perdido. Este año, la cuantía de las ayudas será de dos millones de euros, con los que se podrían respaldar unos 30 proyectos de 50 kW de potencia media cada uno.

Cuatro de los siete proyectos subvencionados están promovidos por Sapiens Energía, una cooperativa sin ánimo de lucro especializada en la creación y gestión de comunidades energéticas. Con tan solo un año de vida, cuenta con unos 120 socios y con inversiones en marcha en activos de su propiedad por más de 400.000 euros, correspondientes a proyectos que ofrecerán energía verde a más de 800 familias en la región. La cooperativa es la persona jurídica titular y, junto a sus socios, la propietaria de las instalaciones de energía renovable, y el marco de gobernanza de cada comunidad está basado en la colaboración público-privada-ciudadana. Las decisiones se toman o ratifican en asamblea general, bajo el principio de ‘un socio, un voto’(Martinez, 2020). Tiene en marcha cinco proyectos promovidos directamente, dos en Albalat dels Sorells y uno en Llíria, Alzira y Fontanars dels Alforins. Además, participa en los promovidos por los Ayuntamientos de Valencia -en el barrio de Castellar-l’Oliveral- y Canet d’En Berenguer. La comunidad energética de Albalat dels Sorells cuenta ya con sus dos primeras instalaciones de energía solar: sobre el techo del Coworking de AlternaCoop y en una nave de la Cooperativa Agrícola Santos de la Piedra.

La primera tiene 68,85 kWp de potencia instalada y 23 kWp de almacenamiento, con una batería centralizada de litio. Permite abastecer de energía renovable a más de 60 hogares, varias empresas y edificios públicos y la segunda, cuenta con 53,46 kWp de potencia instalada, y dará suministro a 15 pequeñas empresas del polígono de Albalat. Una parte se destinará a familias del municipio en situación de pobreza energética. Constituye la primera CEL de la Comunidad Valenciana. Las dos cubiertas solares han recibido sendas subvenciones por parte del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (Ivace), dependiente de la Consejería de Economía Sostenible y Sectores Productivos de la Generalitat Valenciana, a través del 'Programa de Comunidades Energéticas de la Comunidad Valenciana del año 2020'. En el caso de la ubicada en AlternaCoop, la ayuda es de 52.674,05 y en la de la Cooperativa Agrícola, de 36.773,75 euros. Gracias a esta iniciativa, el municipio ahorrará 18.450 euros al año y 120 euros/año por familia. Este proyecto se enmarca dentro de la 'Estrategia Albalat 0,0', que busca consolidar a la localidad como referente en sostenibilidad en la Comunidad Valenciana, eliminando las emisiones a la atmósfera. En concreto, se prevé una reducción de 76,7 toneladas de CO2 -equivalente a plantar 1.150 árboles en 10 años-.

Figura 32. Instalación solar Comunidad Energética Local de Albalat dels Sorells – AlternaCoop
Fuente: Tomado de (Sapiens, 2020)

Esta CEL, propone un nuevo modelo de negocio que supone combinar cultivos agrícolas con paneles solares en altura que se instalan sobre las plantaciones, denominado agro-fotovoltaicos de España bajo el modelo de Comunidad de Energías Renovables y los primeros en alta tensión que se desarrollarán en el país, una nueva fórmula que ha sido implantada con éxito en países como Japón, Vietnam, Francia y Alemania. De esta manera, se logra mejorar la eficiencia en el uso de terrenos, al tiempo que se genera energía que permite abastecer no solo las necesidades de los agricultores, sino de usuarios ubicados en un radio de 50 kilómetros de la planta productora.

- **Proyecto Comptem: Crevillent, Alicante**

En colaboración con el Ayuntamiento, y con el apoyo de la Generalitat Valenciana y el IDAE, el proyecto de la CEL de Crevillent se denomina Comptem, la forma abreviada de Comunidad para la Transición Energética Municipal, y se propone fomentar el autoconsumo eléctrico a través de instalaciones fotovoltaicas colectivas instaladas en espacios públicos y en las cubiertas de bloques de comunidades de vecinos o industrias.

Figura 33. Cubierta con cerca de 300 paneles solares Comunidad energética Compten, Crevillent
Fuente: Tomado de (ESEficiencia, 2020)

Contará con una cubierta de 600 metros cuadrados de paneles solares (300 paneles) con capacidad para generar 180.000 kWh al año. Esta primera instalación tiene carácter experimental, pero supondrá ahorros energéticos de entre el 15 y el 20% para 70 familias cuya residencia se halla en la zona de influencia de la nueva instalación. En Horizonte 2023, tendrá instalado hasta 5 MW en el entorno urbano de Crevillent, entre instalaciones de autoconsumo y plantas fotovoltaicas. Esta capacidad cubrirá con generación renovable propia nada menos que la mitad de las necesidades energéticas de la población. El resto será cubierto con otras fuentes de energía también renovable (hidráulica y proveniente de la planta solar con la que ya cuenta el municipio).

Además, también contempla la puesta en servicio de una estación de recarga semirrápida para dos vehículos eléctricos simultáneos con capacidad de 22 kW cada una, lo que implica una potencia máxima de recarga simultánea de 44 kW. La iniciativa, de carácter experimental, supondrá ahorros de entre el 15/20% en el término de energía para 70 familias que residan en la zona de influencia de la nueva instalación y cuenta con la aportación de 300.000 euros de fondos europeos procedentes del proyecto MERLON, impulsado por la Comisión Europea (ESEficiencia, 2020).

El proyecto también destaca por su integración dentro del ecosistema urbano y social de la comunidad ya que los propios vecinos han tenido la oportunidad de decidir, a través de un proceso de participación ciudadana abierto, aspectos relevantes de la solución arquitectónica y paisajística, poniendo en el centro de la producción y consumo de energía al ciudadano.

A su vez, el autoconsumo, que genera importantes ahorros, también beneficia a los ciudadanos en la forma de más control del consumo y una mayor conciencia energética, a través del uso de la tecnología digital, que se extiende también al ámbito de los hábitos en el consumo de energía, con una aplicación de telefonía móvil, destinada a que el consumidor conozca sus parámetros de consumo y a partir de ellos pueda optimizar su factura mediante cambios en la potencia contratada o en la tarifación por periodos horarios; y un sistema de información energética mediante paneles digitales colocados en espacios públicos, introduciendo así la conciencia energética en la cultura y vida locales (Ecoticias, 2020). De esta manera, Comptem encarna claramente la filosofía de las Comunidades Energéticas Locales, al unir producción y consumo de energías renovables, gestión descentralizada, implicación y participación de los ciudadanos y generación de una cultura de la energía limpia.

Andalucía

Andalucía es la región española donde el sol brilla más días del año, con zonas que superan las 3.000 horas al año, lo que ha aumentado el interés de decenas de empresas, interesadas en instalar huertas y parques solares, cuyo tramite de autorización están siendo llevados por la Junta de Andalucía. Ejemplo de estos proyectos es el de

Canile y Baza en Granada, que sumará por sí solo el doble de la capacidad que tiene actualmente toda la provincia para generar energía fotovoltaica, sin embargo, por la naturaleza del proyecto, algunas comunidades han estado renuentes a este tipo de proyectos porque consideran que afectan su economía (Econoticias, 2021). Es necesario poner en consideración de la comunidad la necesidad de este tipo de proyectos, siempre que ellos tengan la oportunidad de participar y de asociarse para autogestionarlos, la puesta en marcha tiene mayor probabilidad de éxito. A continuación, se describen algunas comunidades de la región:

- **Comunidad Energética del Río Monachil**

Actualmente el Ayuntamiento de Monachil tiene 2 instalaciones de energía fotovoltaica en el Colegio de Los Llanos y en la Casa de la Cultura de 10 y 5 kWp respectivamente, que recientemente se han incluido en el Registro de Autoconsumo de la Junta de Andalucía y se espera que empiecen en breve a generar algún ingreso por excedentes. Este proyecto inicio en 2018. crear una Comunidad Energética (en adelante CE) y aprovechar todas las cubiertas municipales para instalar energía fotovoltaica que sea consumida, compartir los excedentes y favorecer que todas las personas del pueblo puedan beneficiarse de estas instalaciones. Las familias que más lo necesitan tendrán un porcentaje de energía asegurado. Instalación llave en mano (Cooperase, 2020).

Figura 34. Comunidad energética Monachil
Fuente: Tomado de (Castillo, 2020)

Existirán a priori los siguientes tipos de personas o entidades socias: i) Personas o entidades socias auto consumidoras: la CE instalará en su tejado y se beneficiarán de autoconsumo directo, ii) Personas o entidades socias consumidoras: podrán verse beneficiadas del autoconsumo compartido por estar en el radio de 500 metros, iii) Personas o entidades socias inversoras: estarán fuera del radio de 500 metros de la instalación, pero podrán verse beneficiadas de los ingresos por venta de energía al Ayuntamiento.

La energía fotovoltaica que se produce se reparte del siguiente modo: i) Energía de autoconsumo: Ayuntamiento o personas o entidades socias, ii) Energía de autoconsumo compartido: Personas o entidades socias, iii) Energía para pobreza energética: se estipulará un porcentaje, no menor del 5-15% de la energía de cada instalación. En caso de no haber familias interesadas pasarán al resto de flujos de energía, iv) Energía excedentaria: compensación al Ayuntamiento o a la persona o entidad socia.

Objetivos:

- Generar una comunidad energética (CE) que produzca energía renovable que se consuma localmente.
- Promover una transición energética y ecosocial, basada en la cohesión social y el apoyo mutuo.
- Involucrar a las vecinas y vecinos de Monachil en este proyecto de cercanía, sostenible y en el que participe su propio municipio dando ejemplo.

- Hacer llegar el recurso solar a todas las familias, sobre todo a las que más lo necesitan y menos recursos tienen para acceder a esta tecnología.
- Contribuir a la sostenibilidad del municipio iniciando un recorrido a medio-largo plazo que permita que Monachil produzca y consuma su propia energía con los mínimos intermediarios posibles.

Estructura: está conformada por anillos o roales donde se realiza la instalación de los paneles fotovoltaicos, que puede ser edificios oficiales, pymes o viviendas. Y la energía se divide para consumo así: Energía para autoconsumo del ayuntamiento, de los miembros de la comunidad energética, energía destinada a la pobreza energética y excedente

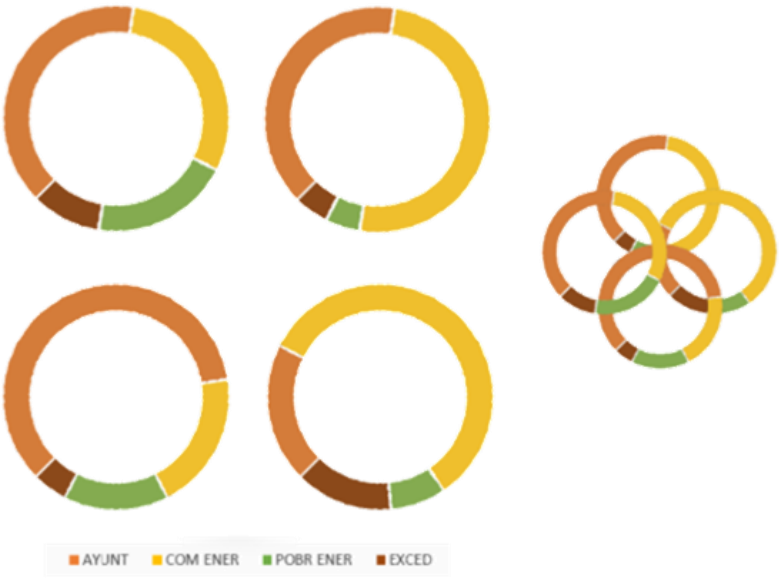


Figura 35. Estructura distribución energía generada por CE
Fuente: Tomado de (Cooperase, 2020)

Madrid- Colegio San Viator

El colegio San Viator de Madrid estrena placas fotovoltaicas para convertirse en el centro de una comunidad solar, un nuevo modelo que se apoya en la generación distribuida para abastecer a los ciudadanos de energía 100% sostenible producida en tejados de edificios que cuenten con superficie disponible.

Figura 36. Comunidad energética Madrid
Fuente: Tomado de (El-Pais, 2020)

Recientemente han terminado la instalación de placas fotovoltaicas en su azotea que no solo abastecerán a este centro escolar de electricidad producida sin emisiones, sino que también darán luz a hogares cercanos del barrio. El colegio es uno de los primeros en sumarse a un modelo que aspira a transformar el sector energético, la generación distribuida. En lugar de la producción tradicional centralizada, este sistema traslada la generación de electricidad a diversos puntos en el corazón de las ciudades.

Un caso particular de CE lo representa La Comunidad de la Energía de Los Pedroches que también participa en el proceso de transversalización, como Caso de Evaluación, por sus singulares características territoriales. Los Pedroches está formado por 17 municipios que pretenden establecer hasta 20 comunidades energéticas locales, seis de las cuales contarán con una planta de biogás para aprovechar los residuos ganaderos, aprovechando sus recursos locales y creando una economía circular de producción energética (Castillo, 2020).

- **Huertos solares**

Huerto Solar o parque solar es una instalación fotovoltaica sobre un terreno de gran tamaño que genera energía eléctrica con origen renovable. Suele ser habitual que el terreno pertenezca a uno o varios usuarios donde se instalan placas fotovoltaicas. Otra manera de realización es sobre cubiertas de grandes naves industriales o agrícolas. Estas plantas solares están formadas por inversores independientes que se asocian para compartir terreno, infraestructuras y gastos, por lo que la rentabilidad es mayor.

Un Parque Solar es una inversión estable y con ingresos anuales constantes durante su vida útil y con previsión de que la energía eléctrica continúe incrementándose en el futuro. La rentabilidad de los huertos solares realizadas por Alba Renova oscila entre el 8% y el 12%, en función de la zona climática. Las placas solares tienen una vida útil superior a 40 años y garantías de fabricante de 25 años (AlbaRenova, 2020).

- **Comunidades solares**

172 comunidades solares impulsadas por el proyecto Repsol con más de 13900 hogares con potencial. Este nuevo modelo lo integran roofers (del inglés roof, tejado) y matchers (del inglés match, pareja, emparejar). Los primeros instalan placas solares en los tejados de sus edificios, cuya tramitación, montaje y mantenimiento corre a cargo de la empresa, para disponer de electricidad 100% sostenible.

Los segundos, situados en un radio de 500 metros, una distancia regulada por ley, se nutren de esa fuente de energía renovable, de la que ya disfrutan más de 5.100 hogares, según indica Repsol (Repsol, 2020b).

Los Roofers son quienes sacan partido al espacio inutilizado de su tejado donde instalamos placas solares a las que se conectan otros hogares Matchers, que quieren disfrutar de energía solar. La instalación de los paneles solares no requiere inversión por parte del Roofer, ya que desde Repsol nos encargamos de todo. Los Matchers son los hogares que, sin necesidad de instalar paneles solares en su tejado, se conectan a una comunidad solar situada a un máximo de 500 m para disfrutar del autoconsumo compartido de energía que producen las placas de los Roofers.

Figura 37. Comunidad Solar
Fuente: Tomado de (Repsol, 2020a)

- **La Corriente**

La Corriente, es una cooperativa madrileña de comercialización de energía eléctrica 100% renovable que, dentro de la economía social y solidaria, apuesta por un modelo energético sostenible y justo. Para la cooperativa de energía eléctrica La Corriente el futuro pasa por un cambio de modelo energético donde se priorice el ahorro y la eficiencia energética, la reducción de nuestra huella ecológica y el uso y aprovechamiento de las energías renovables. Un cambio de modelo energético protagonizado e impulsado por la ciudadanía. Constituida desde 2015. Proyecto de comunidad energética: Puebla de la Sierra.

- **Huelva – Alumbra Comunidad energética rural**

Es la Comunidad Energética de Arroyomolinos de León (Huelva). Creada en un proceso de participación y diálogo entre ayuntamiento, empresas, asociaciones y ciudadanía sobre energías renovables y desarrollo rural sostenible. Con el objetivo de prestar servicio de información sobre contratación responsable, eficiencia energética y autoconsumo eléctrico, que incluye actividades de sensibilización en materia de cambio climático, cultura energética, economía rural y participación comunitaria (Alumbra, 2021).

- **Bilbao-San Mamés, Estadio Athetic Club.**

El estadio del Athletic Club es la primera comunidad solar de La Liga y suministrará energía 100 % renovable a las viviendas de la zona que lo deseen. La primera comunidad energética solar de LaLiga, gracias a la instalación en su cubierta de 300 equipos solares con una potencia total de 100 kW. Estos no solo servirán para abastecer el consumo del campo y del conjunto de sus instalaciones, sino que los vecinos que residan en un entorno cercano también se podrán beneficiar del suministro de esta energía sostenible, económica y de kilómetro cero (Garcia, 2020).

El proyecto, puesto en marcha por Edinor, filial de Petronor, demuestra que, para tener energía que provenga del sol, no es necesario poseer una casa unifamiliar e instalar placas fotovoltaicas en el propio tejado, un requisito difícil de cumplir en un país donde el 66,5% de la población vive en pisos, según datos de Eurostat.

Navarra

- **Gares Energía**

El objetivo ambicioso de este proyecto es contribuir a abordar una transformación profunda del modelo energético y económico actual. A corto plazo (2018 – 2019), Autoabastecerse de la energía eléctrica generada por la central mini-hidráulica “Electra-Regadío”, la instalación FV del Frontón y las diferentes instalaciones FV unitarias. A medio – largo plazo (2018 – 2030), Avanzar hacia la autosuficiencia energética del municipio aumentando la capacidad de generación de energías renovables y endógenas de la propia administración pública y el sector privado del municipio (ciudadanía, hogares, negocios, industrias…) (Udalbitza, 2020). Entre los objetivos se cuenta:

- Servir como modelo para otros futuros proyectos de micro-generación distribuida.
- Posibilitar la participación ciudadana a través del voluntariado y la participación económica con objeto de crear una relación entre la ciudadanía y la generación energética que posibilite otra cultura energética y otro desarrollo económico y social.
- Sensibilizar, informar y activar a la ciudadanía sobre la importancia del uso responsable y eficiente de los recursos locales para la generación de energía.
- Desarrollar una microrred inteligente en un núcleo de población de casi 3.000 habitantes con el fin de utilizarlo como piloto para futuros proyectos y desarrollos de la filosofía “generación distribuida”
- Autoabastecimiento municipal.

- **Esparza de Galar**

Constituida como una cooperativa con un sistema de gobernanza democrático, propio de una cooperativa, con capacidad de decisión basada en el principio de una persona un voto, y con un Reglamento de régimen interno propio de la Comunidad. Es de participación abierta y voluntaria. La instalación por el Concejo de **Esparza** de una planta de generación fotovoltaica en la cubierta del Frontón subvencionada por el Gobierno de Navarra y el marco jurídico establecido por el Real Decreto 244/2019 dio lugar a la creación de la “Comunidad Energética de Esparza”, con puntos de consumo eléctrico, en un proceso de participación voluntaria y abierta.

Figura 38. Comunidad energética de Esparza
Fuente: Tomado de

El principal objetivo de la Comunidad Energética no era el económico, sino que pretendíamos poner en marcha otro modelo de generación y consumo basado en renovables, respetuoso con el medio ambiente y compartido entre vecinos. No había antecedentes en todo el Estado, ningún otro pueblo había iniciado un proyecto de autoconsumo utilizando la red de distribución y, en aquel momento había ciertos inconvenientes y aspectos pendientes de regulación”. Hoy ya es una realidad y los contadores registran ya el consumo de la electricidad generada en Esparza.

La instalación de generación fotovoltaica situada en la cubierta del frontón de Esparza, con una potencia instalada de 18Kwp, tiene prevista una producción de 25588 Kwh/año que evitará la emisión de 15,4 toneladas de CO2, equivalente al CO2 captado por un bosque de 138 hayas durante 80 años (de Navarra, 2019).

- **Urroz Villa**

Constituido como una cooperativa, con decisión basada en un miembro, un voto., usuarios de participación abierta y libre Han comenzado las obras para la instalación de las placas solares y la Comunidad Energética local de Urroz Villa tiene ya concreciones sobre su alcance. La instalación que se está realizando tiene una potencia de generación fotovoltaica de 36 Kwp que se espera alcance una producción de 41891Kwh de energía de origen fotovoltaico.

Además del Ayuntamiento se están integrando en la Comunidad Energética más de un centenar de vecinos y vecinas de Urroz que en conjunto lograrán un autoconsumo de electricidad que puede superar el 41%, con un ahorro en la factura global que puede alcanzar el 54%.

La puesta en marcha de la Comunidad Energética Local de Urroz Villa supondrá también una contribución significativa en la tarea de hacer frente al Cambio Climático pues, con su producción anual de energía renovable fotovoltaica, evitará la emisión de más de 26 toneladas de Co2 cada año, que sería el equivalente al Co2 captado por un bosque de 234 hayas durante ochenta años.

- **Tres puentes**

El lema de que son tiempos de reducir gastos y cuidar el planeta ha llevado a más de un centenar de vecinos, con el impulso de la Junta Administrativa de la localidad alavesa de Trespuentes, a iniciar el proceso de constitución de una Comunidad Energética Local. Su objetivo es claro: generar energía eléctrica renovable destinada al autoconsumo, siguiendo las características que establece la Directiva Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables.

- **Hacendera solar, Castilfrío de la Sierra, Soria**

Castilfrío de la Sierra, en Soria, acoge el proyecto Hacendera solar, una comunidad energética que cubrirá parte de la demanda eléctrica del municipio y ayudará a reducir las emisiones de carbono y el gasto energético de la localidad y de sus habitantes.

La Hacendera solar de Castilfrío de la Sierra cuenta con dos plantas solares fotovoltaicas de 7,36 y 5,5 kWp para autoconsumo que se han instalado sobre las cubiertas de dos edificios municipales, concretamente en el centro social y el lavadero, que hace las veces de elevadora de aguas. Esta instalación, ya en marcha desde el pasado noviembre, suministra electricidad al ayuntamiento, el centro social, el consultorio médico, una vivienda reformada y el lavadero, para el bombeo de agua, previendo así un ahorro en gasto corriente para las arcas municipales en torno al 60% de la factura eléctrica.

Además, con este proyecto el municipio espera reducir la huella de carbono en 6,98 Tm de CO2 al año, disminuir el gasto energético en 13,64 MWh anualmente en su primera fase (60,27% de ahorro anual), crear un modelo extrapolable al resto de poblaciones de la comarca y, en definitiva, diseñar un modelo de gestión energético que cubra la demanda eléctrica de manera dinámica y ajustada a las necesidades de este tipo de poblaciones.

Las dos instalaciones están en funcionamiento desde mediados del pasado mes de noviembre (los meses de menor radiación), logrando un 100% de autoconsumo en la elevadora de aguas y un 84% de aprovechamiento en el centro social. Los excedentes vertidos a red se han acogido a la modalidad de compensación simplificada, reduciendo aún más el coste de la factura eléctrica. También se ha instalado en el centro social un punto de recarga lenta de para vehículos eléctricos.

- **Lasierra:**

El Consorcio de Mendi Haran, la Junta administrativa de Lasierra, vecinos y el espacio de creación cultural y alojamiento turístico Azala, con el asesoramiento y apoyo técnico de la Cooperativa de consumo eléctrico EMASP, son los impulsores de una Comunidad Energética Local siguiendo las características que establece la Directiva Europea relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. La base de una economía solidaria permite a ver aportes económica para la mejora del pueblo y becas de transporte para estudiantes, soporte a otros proyectos sociales. Su operación se evita anualmente la emisión de 37,44 Toneladas de CO2 anuales y de 106 mg de residuos radiactivos, con el autoconsumo; además el autoconsumo es de origen 100% renovable. Las actividades que prevalecen es la producción de electricidad a partir de fuente solar, y servicios de eficiencia energética (de Navarra, 2019). Entre sus criterios éticos, esta cooperativa proporciona soporte económico para apoyar otras actuaciones vecinales relacionadas con el mismo objetivo social y medioambiental, así mismo, creo un sistema de donación y micro-donación individual para otras iniciativas solidarias.

Portugal

Portugal tiene una tradición de cooperativas de energía que poseen y administran redes de distribución. Ellos operan en municipios individuales y regiones autónomas, como Azores y Madeira. Tienen una cooperativa de energía, involucrada en la producción de electricidad a partir de energía solar, llamada "Coopernico". La legislación portuguesa indica que la participación en un CER es abierta y voluntaria y todo tipo de entidades públicas o privadas naturales o jurídicas pueden unirse y ejercer un control efectivo, incluidas las grandes empresas (energéticas). Los miembros deberán estar ubicados cerca de las instalaciones de producción y podrán producir, consumir, compartir, almacenar y vender la energía elecgtrica.

- **Copérnico**

Primera Comunidad energética constituida en Portugal en 2013, bajo la denominación de Cooperativa de energía renovable, que genera energía solar para beneficio de la comunidad local. Todo comenzó cuando su fundador Nuno Brito agrupó a 16 personas para invertir en un pequeño huerto solar (Coopérnico, 2021).

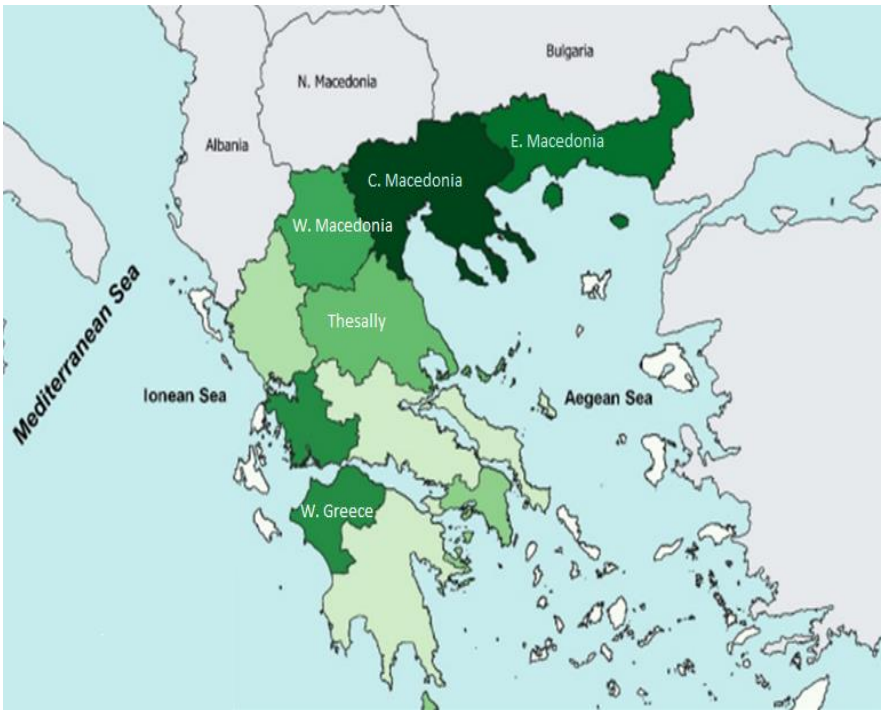
Figura 39. Comunidad energética Copérnico

- **Madeira, Portugal (isla)**

Madeira es un archipiélago que comprende las islas de Madeira y Porto Santo. Hasta ahora, Madeira tiene una energía solar instalada de capacidad de 10MW como sigue: 2MW instalados en Porto Santo; 6MW instalados en Caniçal; 2MW instalados en Paúl da Serra. En los próximos años se agregará otros 7MW de los cuales 3MW provendrán de Micro y Mini instalaciones solares en manos de la comunidad de la isla, las cuales se han ido incrementando significativamente desde 2008. Estos sistemas están unidos a uso de baterías de almacenamiento por parte de los prosumidores para convertirlos en administradores independientes de su propia energía (Hashmi et al., 2019).

Grecia

Grecia ha regulado por vez primera en Europa, las comunidades energéticas. Estas se definen como cooperativas civiles que tienen como objeto promover la economía social y solidaria y la innovación en el sector energético, luchar contra la pobreza energética y la promoción de la energía sostenible. Para conseguir estos objetivos implementa acciones que con el fin de aumentar la autosuficiencia energética, mejorar la eficiencia energética, promover el uso de energía renovable, la cogeneración de energía eléctrica, del uso racional de la energía, el transporte sostenible, la gestión de la demanda y la producción, distribución, almacenamiento y suministro de energía. En Grecia este modelo se viene promoviendo desde 2011, con la aprobación de diversas leyes en torno a la economía social y solidaria a través de cooperativas y desde 2018, con la regulación de las CEL, siendo el primero en Europa en hacerlo. La siguiente figura señala el número de comunidades energéticas existentes en Grecia por regiones.



Region	Number of Energy Communities
South Aegean	0
Ionian Islands	0
North Aegean	0
Crete	5
Central Greece	14
Peloponnese	14
Epirus	23
Attica	31
Thessaly	35
Western Macedonia	44
Western Greece	47
Eastern Macedonia-Thrace	52
Central Macedonia	143

Figura 40. Comunidades energéticas en Grecia
Fuente: Tomado de (Fajardo García & Frantzeskaki, 2020)

Se observa que hay una mayor concentración de comunidades energéticas en el norte de Grecia continental en contraste con el sur. La región donde se encuentran la mayoría de las comunidades energéticas es Macedonia central (143 comunidades energéticas). El desarrollo de las Comunidades de Energía en las islas es limitado, con la excepción de Creta, donde hay cinco (5) CE activas.

Existen dos circunstancias desencadenantes para promover la regulación de las comunidades energéticas. Por un lado, los elevados índices de pobreza energética en Grecia, y por otro, la situación de muchas islas del Mar Egeo, sin conexión a la infraestructura eléctrica continental y por tanto, totalmente dependientes de combustibles fósiles con lo que tienen que hacer frente a elevados costos de energía.

Se podrían constituir los siguientes modelos de cooperativas energéticas según el tipo de miembros, la actividad y la localización: Vecinos de unidades residenciales, grupo de empresarios de un sector, edificaciones públicas, agricultores y silvicultores, con sistemas de generación solar, eólica, distritos térmicos, biomasa, en zonas rurales y urbanas (Fajardo García & Frantzeskaki, 2020). A continuación, se presenta la descripción de algunas de esas comunidades

- **Comunidad Energética Minoan**

"Minoan Energiaki" se creó en octubre de 2019. Se trata de una cooperativa cuyo único propósito es promover la economía social y solidaria, la innovación en el sector energético y la lucha contra la pobreza energética, la producción, almacenamiento, autoconsumo, distribución y suministro de energía, a través de la actividad en los sectores de fuentes de energía renovables, coproducción de electricidad y calor, uso racional y eficiencia energética. Tiene operación en la unidad Regional de Creta donde se encuentra la sede de la Comunidad Energética. Son miembros de esta comunidad energética tanto personas físicas como empresarios, así como personas jurídicas de derecho público. Para ser miembro hay que aportar a capital una cuota de 100 euros, que es obligatoria. Por supuesto, quien quiera puede adquirir más acciones hasta el 20% del capital social. El número de miembros fundadores fue de 38.

- **Comunidad Energética de Karditsa**

Se trata de una cooperativa civil que se formó en 2010 de acuerdo con la Ley 1667/1986 y en ella participan 400 miembros. Desde 2016, la Sociedad Cooperativa Energética de Karditsa ha completado el proyecto para la creación de una planta para la producción de biocombustibles sólidos en el área de Karditsa. La fábrica produce 1.100 toneladas de pellets de madera de alta calidad. La materia prima para la producción de los agregados proviene de residuos de biomasa forestal y agrícola, así como piezas de madera o aserrín de las industrias locales. Según sus estatutos, el objetivo principal de la cooperativa es crear una unidad o unidades de energía.

- **Cooperativa Energética de la Isla de Sifnos**

La Cooperativa de Sifnos6 fue creada en 2013. Actualmente, tiene más de 100 miembros, residentes permanentes de la isla y visitantes. El propósito de la cooperativa es organizar: a) La producción y disposición de la energía producida por cualquier fuente renovable y el potencial total de la isla. b) La producción, gestión, procesamiento y distribución de los productos y servicios de la isla. c) La promoción de soluciones y actividades socialmente responsables en Sifnos. El proyecto, que la cooperativa pretende llevar a cabo, es una planta de energía híbrida que consiste en un parque eólico y una planta hidroeléctrica reversible. Consiste en un pequeño parque eólico de 5 turbinas eólicas, un lago artificial sellado de más de 1,000,000 de metros cúbicos, una central hidroeléctrica con 4 turbinas hidráulicas y una estación de bombeo con 12 bombas. La electricidad generada por las turbinas eólicas se entregará al mismo tiempo a la red y las bombas que elevarán el agua de mar, llenando el lago artificial. El proyecto hidroeléctrico operará permanentemente, proporcionando estabilidad de red.

Otros países de la unión europea

Existen otros países pertenecientes a la Unión europea donde también se han constituido comunidades energéticas, pero en menor número comparado con los mencionados previamente, tales como Ucrania, Finlandia, Austria, entre otros (F.G. Reis et al., 2021; Interreg, 2021; ZEZ, 2018). A continuación, algunas CE.

Comunidad Sonyachne. A 50 kilómetros al este de Chernóbil, en Ucrania, se encuentra la ciudad de **Slavutych**, una localidad joven, cuyos habitantes son en su mayoría trabajadores de la central nuclear, tras el accidente y la evacuación del lugar en 1986. Hoy, a Slavutych se le conoce también como el pueblo solar **Sonyachne Misto** (BBVA, 2019)**.** Esta comunidad comenzó a operar en 2018, luego del trabajo conjunto entre un grupo de ciudadanos, con el apoyo del Ayuntamiento. Fue la primera CE en el país y hoy tiene 97 miembros que gestionan tres plantas fotovoltaicas de las cuales reciben un retorno económico regular.

Cooperativa Eno Energy (Joensuu, Finlandia), Comunidad energética en la cual doce propietarios de bosques locales se unieron para proporcionar calor a los edificios públicos de la región, utilizando la biomasa disponible localmente. La cooperativa ha crecido ahora hasta cincuenta y cinco propietarios de bosques, que poseen y operan tres plantas del tipo distrito térmico, la cual cuenta con una red de distribución de unos 11 kilómetros. La CE cubre el 30% de la demanda de los edificios y durante quince años, los clientes han tenido un ahorró de más de cuatro millones de euros comparado con la operación usando combustibles fósiles, creando además diez puestos de trabajo a tiempo completo y diversificando los ingresos para los propietarios forestales.

Windkraft Simonsfeld (Austria). Cooperativa energética, que inicio en 1995 con la participación de 107 ciudadanos locales, con la intención de generar energía renovable de propiedad colectiva. Actualmente es una sociedad anónima con más de 1600 accionistas y 68 centrales eólicas en Austria (con una potencia total de 136 MW) y 2 en Bulgaria. Sus principales actividades son la elaboración de estudios de viabilidad, desarrollo y financiamiento de proyectos, elección de equipos, gestión operativa, generación y venta de energía eléctrica. Los accionistas se involucran a través de acciones y bonos que son reembolsados mediante la distribución proporcional de los resultados financieros.

Cooperativa Green Energy (Croacia). Una cooperativa energética fundada por empleados de empresas y organizaciones locales relacionadas con la energía y protección medioambiental cuenta con 22 integrantes. Está involucrada con la gestión y financiación (a través de mecanismos tipo crowdfunding, ESCO, fondos de co-financiación) de proyectos e iniciativas relacionadas con el desarrollo turístico sostenible, la agricultura, las instituciones comerciales y públicas. Sus actividades principales son planificación, desarrollo, gestión y financiación de activos de energías renovables y proyectos de eficiencia energética.

Społdzielnia Nasza Energía (Polonia). Cooperativa energética cuyas actividades principales son la Construcción de redes interconectadas para captación de biogás, construcción de unidades de cogeneración con biogás, suministro de calor para edificios comerciales y residenciales y autoconsumo. Es la primera cooperativa iniciada en Polonia. Cuenta hoy con más de 300 miembros. La cooperativa es dueña de su propia red de distribución de gas y electricidad a un costo que es 20% inferior al sistema de red nacional. Cad miembro, que no es necesariamente es local, tiene un único voto en la reunión general.

3.1.2. Asia y Oceanía

En esta sección se muestran ejemplos de comunidades en Australia, Vanuatu y Samoa

Australia

Actualmente, alrededor de 100 grupos comunitarios operan en Australia, desarrollando proyectos de energía local comunitaria. El primer proyecto de energía renovable de propiedad comunitaria de Australia, Hepburn Wind, comenzó a generar energía en junio de 2011. Desde entonces, muchas más comunidades de Australia se han unido para administrar sus propios proyectos de energía solar, eólica, microrredes y eficiencia.

- **Enova**

Fue la primera empresa de energía de propiedad comunitaria de Australia. La energía comunitaria es donde los miembros de la comunidad participan en proyectos de energía renovable. Esto puede ser mediante el desarrollo, la propiedad o el beneficio directo de los proyectos. Los proyectos de energía comunitaria pueden enfocarse en permitir que una comunidad genere, almacene y / o comparta su propia energía renovable. Todos los proyectos de energía comunitaria son únicos, al igual que sus comunidades. Se diferencian en muchos aspectos, como su tamaño, la tecnología utilizada y la forma en que se financian. Lo que tienen en común es el entendimiento de que las comunidades motivadas pueden tomar medidas para reducir las emisiones y volverse más resilientes. Algunos ejemplos reales de proyectos de energía comunitaria incluyen (Enova, 2021):

a. Energize Gloucester: una organización comunitaria local que tiene como objetivo desarrollar y ejecutar sus propios programas de energía renovable controlados localmente, ambientalmente responsables y financieramente exitosos.
b. Haystacks Solar Garden: una cooperativa creada para instalar un gran panel solar en tierras de cultivo que funcionará como un jardín solar. Un jardín solar permite que las personas sin un techo soleado tengan acceso a los muchos beneficios de la energía solar en la azotea comprando una parcela solar.
c. Coorabell Hall: paneles solares instalados en el techo de un salón comunitario, con dinero de una organización comunitaria creada para financiar la energía solar para las comunidades.

d. Geni.Energy: una organización que trabaja en asociación con Enova Energy para permitir el desarrollo de la generación de energía renovable comunitaria y doméstica en la región noroeste de Nueva Gales del Sur.

El modelo de proyectos de comunidades solares de Enova es denominado Jardines solares (Enova, 2021), cuyo origen es de USA. Un jardín solar es como un jardín comunitario, pero en lugar de cultivar verduras, los miembros pueden producir su propia electricidad. Básicamente, se construye una granja solar, los hogares pueden comprar una "parcela" de la granja solar y la electricidad generada en su parcela virtual se proporciona como un descuento en su factura de electricidad. Los jardines solares son populares en el extranjero, sin embargo, aún no han despegado en Australia.

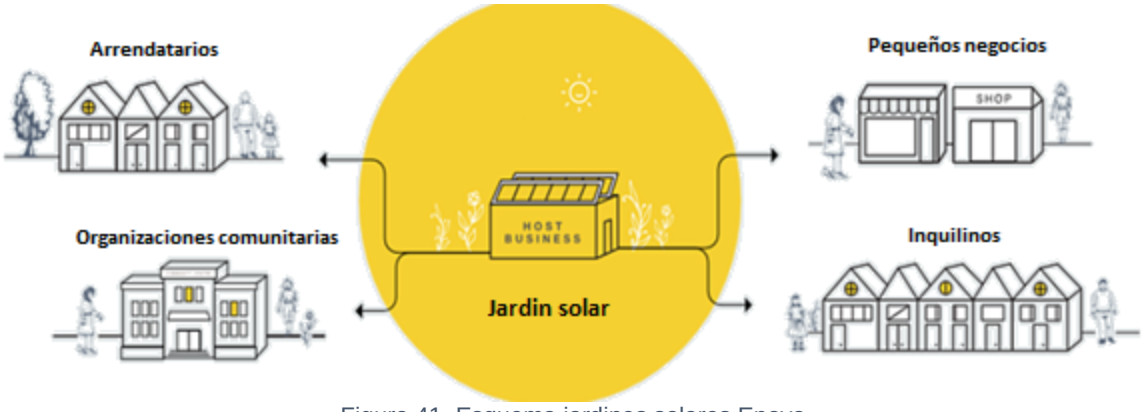


Figura 41. Esquema jardines solares Enova
Fuente: Tomado de (Enova, 2021)

Bajo el concepto de jardines solares se crea Haystacks, una cooperativa donde los miembros de la cooperativa son dueños del jardín solar. Es el primer jardín solar a gran escala de Australia, que aplicará créditos solares directamente a las facturas de electricidad de los jardineros.

- **Hepburn y Goulburn**

Hepburn Wind es el propietario y operador del primer parque eólico de propiedad comunitaria de Australia, en Leonards Hill, a unos 100 km al noroeste de Melbourne, justo al sur de Daylesford Victoria.

El parque eólico de 4,1 MW alberga dos turbinas llamadas Gale y Gusto, que producen suficiente energía limpia para más de 2000 hogares. Hepburn Wind es el nombre comercial de Hepburn Community Wind Park Co-operative Ltda. Fue establecida en 2007 por la Asociación de Energía Renovable de Hepburn, ahora conocida como SHARE y comenzó a operar en 2011 (Hepburn, 2019).

La cooperativa gestiona el parque eólico, proporciona beneficios económicos a sus miembros y financia proyectos comunitarios a través de un fondo comunitario. La estructura cooperativa permite una participación comunitaria a gran escala. Casi 2000 miembros de la cooperativa han contribuido con $ 9,8 millones para la construcción del parque eólico. El gobierno del estado de Victoria ha otorgado subvenciones por un total de $ 1.725 millones y el Banco Bendigo un préstamo de $ 3.1 millones.

Figura 42. Hepburn Wind. Cooperativa energética
Fuente: Tomado de (Mares, 2020)

En la ciudad de Goulburn, en el sur de Nueva Gales del Sur, la comunidad se ha unido para construir su propia granja solar de 4000 paneles. Con ayuda de una subvención estatal de 2,1 millones de dólares australianos, en el marco del Fondo Regional de Energía Comunitaria además de inversiones particulares de la comunidad donde cada miembro puede comprar acciones de 400 dólares australianos, cada una de las cuales cubre el costo de un panel solar y la infraestructura necesaria para la conexión a la red (The_Conversation, 2020).

Hepburn Wind y Goulburn Solar Farm, por ejemplo, involucran un modelo de inversión comunitaria en el que los grupos locales desarrollan un proyecto y luego buscan inversionistas de la comunidad para financiarlo. Esto podría implicar la formación de una cooperativa o la venta de acciones de la empresa. La organización comunitaria puede asumir la responsabilidad de entregar el proyecto, incluido el diseño, la instalación y la gestión, o puede subcontratar esto a una empresa externa. Un segundo modelo implica recaudar dinero a través de donaciones, ya sea a través de plataformas de crowdsourcing o medios tradicionales. El dinero se suele gastar en la instalación de un sistema de energía sostenible en las instalaciones locales. El tercer tipo de proyecto involucra a un grupo de hogares que se unen para encontrar una solución de energía renovable, como la compra de energía solar a granel.

- **Majura. Granja solar comunitaria**

Proyecto solar de 1MW en Majura Valley en las afueras de Canberra (SolarShare, 2021). Esta será la instalación solar de propiedad comunitaria más grande de Australia. Contará con 5,000 módulos solares de copropiedad de 400 a 600 miembros de la comunidad local. El cual generará energía para aproximadamente 250 hogares de Canberra, para una capacidad de 1,8 GWh de electricidad al año, lo que permitirá una reducción de 1600 toneladas de CO2 cada año y ocupará alrededor de 3 hectáreas. El área combina los agricultores y los productores locales con instituciones cercanas como bodegas y una granja de trufas. Los beneficios de la venta de energía se devuelven como dividendos a los inversores comunitarios.

Figura 43. Granja solar comunitaria Majura
Fuente: Tomado de (SolarShare, 2021)

Vanuatu

Como muchos países insulares del Pacífico, Vanuatu es una nación dispersa, con islas esparcidas a lo largo de grandes distancias y muchas comunidades remotas que nunca tienen acceso a la electricidad. En la remota isla de Malekula, la segunda isla más grande de Vanuatu, desde 2020 opera una microrred solar que beneficia a más de 2.800 personas, impulsando el desarrollo local y contribuyendo al objetivo específico del sector de Vanuatu.

Figura 44. Comunidad energética en Vanuatu
Fuente: Tomado de (UNDP, 2020)

Beneficia a las comunidades de Wintua y Lorlow. Esta microrred es el primer sistema de energía administrado por la comunidad de Vanuatu. Los miembros de las comunidades lo poseen y lo administran. Esto mantiene bajos los costos de electricidad, ya que no hay costos de operación externos o el margen de beneficio generalmente se incorpora a una tarifa de electricidad y se transfiere a los consumidores. Para garantizar el buen mantenimiento de la micro-red, las dos comunidades han creado una cooperativa de energía en asociación con el Departamento de Cooperativas, que se encargará de cobrar la tarifa de la electricidad. Durante el primer año de funcionamiento, la compañía de servicios de energía local proporcionará mantenimiento gratuito y capacitará a los miembros de las comunidades locales para operar y mantener la central eléctrica.

Un proyecto de electrificación que fue posible gracias a la asociación de Vanuatu con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Gobierno de Austria, que financió el proyecto. La microrred solar proporcionará electricidad a las escuelas de las comunidades, al centro de salud, a la comisaría, al salón comunitario, al mercado y al aeropuerto; posibilitando mejores resultados en materia de educación y salud y apoyo a los medios de subsistencia. (UNDP, 2020).

Samoa

Ta'u, una de las cinco islas volcánicas y dos atolones que conforman el territorio estadounidense no incorporado de Samoa Americana, dependía en gran medida de la generación de diesel para la generación de electricidad, hasta que se instaló en 2016, una microrred de energía solar con almacenamiento de energia. La isla de 17 millas cuadradas, que se encuentra a 4,000 millas de la costa oeste de los Estados Unidos en el Océano Pacífico Sur, quemaba 300 galones de diesel al día, un total de más de 100,000 galones al año, para alimentar la isla. Con altos costos de combustible y largas distancias de transporte para importar diesel, los 790 residentes de la isla experimentaron con frecuencia escasez de combustible, racionamiento de energía y cortes de energía.

Figura 45. Parque solar Samoa Americana
Fuente: Tomado de (Clean_Energy, 2016)

En la actualidad, la electricidad de la isla es proporcionada casi en su totalidad por el sol, con la instalación por parte de SolarCity de 5.328 paneles solares fotovoltaicos, para una generación de 1,4 MW y almacenamiento de 6 MWh en un sistema de 60 baterías Tesla. Las baterías permiten disponer de energía en la noche y almacenar energía para suministro a toda la isla durante tres días sin luz solar (por ej una nubosidad extendida). El sistema de batería se puede recargar completamente en siete horas. El nuevo sistema de también ayuda a reducir la contaminación del aire, reduce la contribución de la isla al cambio climático global y ayuda a cumplir su objetivo de estar completamente libre de combustibles fósiles (Clean_Energy, 2016).

3.1.3. África

En África, región del Sahara, las comunidades energéticas han recibido menos atención, principalmente debido a que en esta zona los sistemas energéticos son incipientes, las comunidades locales no cuentan con los recursos suficientes para instituirlos y gestionarlos por sí mismos. Aunque las comunidades energéticas pueden contribuir a mejorar el acceso a la energía en África, necesitan un entorno normativo propicio para fomentar su crecimiento y sostenibilidad. Aquí se muestra solo unos pocos proyectos energéticos que exhiben las características convencionales de las comunidades energéticas (Ambole et al., 2021).

Las pocas comunidades energéticas que existen se han constituidos principalmente para cerrar las brechas de acceso a la energía con preocupaciones subyacentes como la reducción de la pobreza y la mejora de la salud. Sin embargo, estas comunidades están emergiendo gradualmente como el camino hacia la sostenibilidad y la resiliencia para millones de hogares de la región. Los sistemas energéticos centralizados dominantes, que son altamente elitistas y tecnocráticos, son opuestos a esta forma de distribución energética democratizada. Modelos como peer-to-peer, prosumidor-a-cuadrícula y modelos de agrupaciones de prosumidores organizados que son utilizados por comunidades energéticas en África Norte, no son replicables para personas de bajos recursos o comunidades de escasez energética. A continuación, se enumeran algunos proyectos de energía que muestran falta o deficiente participación de la comunidad, lo que se constituye en el mayor desafío para el éxito de comunidades energéticas en África, sin embargo, están en la línea de una comunidad energética. A continuación algunos proyectos de CE en Africa:

Tabla 15. Proyectos comunidades energéticas África
Fuente: Adaptado de (Ambole et al., 2021)

#	Año	País	Tipo proyecto energético comunitario	Tipo de sistema	Gobernanza	Integrantes
1	2016	Malawi	Programa de aceleración de renovables	Sistema hibrido	No derecho al voto	Participación de las partes interesadas: gobierno, Organizaciones comunitarias (CBO) y los miembros de la comunidad Participación abierta al inicio
2	2015	Uganda (Tribogo Village)	Miniredes eléctricas comunitarias	Miniredes de energía renovable	Propiedad parcial de organizaciones comunitarias	Las partes interesadas involucradas incluyen hogares en la aldea de Tiribogo, el Centro de Investigación en Energía y Conservación de Energía (CREEC) y el liderazgo local
3	2017	Namibia (Tsumkwe Village)	Miniredes eléctricas comunitarias	Sistemas híbridos	Sin propiedad ni derecho al voto Para miembros de la comunidad	BID, Programa PNUD, gobiernos y hogares en la aldea de Tsumkwe en Namibia.
4	2019	Ruanda	Microrredes con generación solar y medidores inteligentes	Microrredes	Propiedad parcial de miembros de la comunidad. Derecho de voto para los miembros con propiedad.	Grupo de Energía de Ruanda (REG), Agencia Reguladora de Servicios Públicos de Ruanda (RURA) Comunicación de red entre microrredes
5	2011	SSA	Energía renovable para redes de comunidades rurales	Sistemas híbridos de energía renovables	-	-

3.1.4. América

En esta sección se muestran experiencias de Estados Unidos, Chile, Brasil, Costa Rica y México

- **Estados Unidos**

En general, en USA se tienen tres modelos típicos de CES; Cooperativas eléctricas sostenibles, CES productoras de energía eólica y CES productoras de energía solar (Romero, 2015). Las primeras surgen a partir de 1936 ante la falta de electrificación en zonas rurales que hacía que sus habitantes dependieran exclusivamente de la agricultura. Hoy día, el 99% de las granjas cuenta con servicio eléctrico. La mayor parte de la electrificación rural procede de cooperativas locales (Romero, 2015).

En estados unidos los esquemas de cambio colectivo han estado en vigor durante más tiempo que en Europa. Se han desarrollado para un modelo innovador denominado “Energía de elección comunitaria” (“Community Choise Aggregation”)(Carlisle et al., 2008). Este modelo define una agencia pública sin ánimo de lucro controlada

democráticamente por los municipios, que reúne la demanda de las comunidades participantes para recibir la energía por parte de proveedores alternativos de generación, principalmente sistemas fotovoltaicos. Actualmente se ha implementado en siete jurisdicciones estatales (cubren 25% de la demanda anual en EEUU) donde participan unos 1300 municipios (Bolle, 2019). 228 empresas de servicios públicos en 36 estados tienen energía solar comunitaria. Actualmente, en EEUU existen aproximadamente 900 cooperativas eléctricas, de las cuales un 93% (unas 837) serían cooperativas de distribución y el 7% (63) restante cooperativas G&T.

En 2015, al inicio de la subvención Solar se habían instalado menos de 50 MW de energía solar comunitaria en los EE. UU. A fines de 2017, esa cifra había aumentado a 734 MW, un aumento de 14 veces en tres años. Según una investigación realizada como parte de Solar Market Pathways, se ha estimado que el mercado solar comunitario en el futuro estaría en promedio de alrededor de 31 GW, dividido casi uniformemente entre suscriptores residenciales y comerciales.

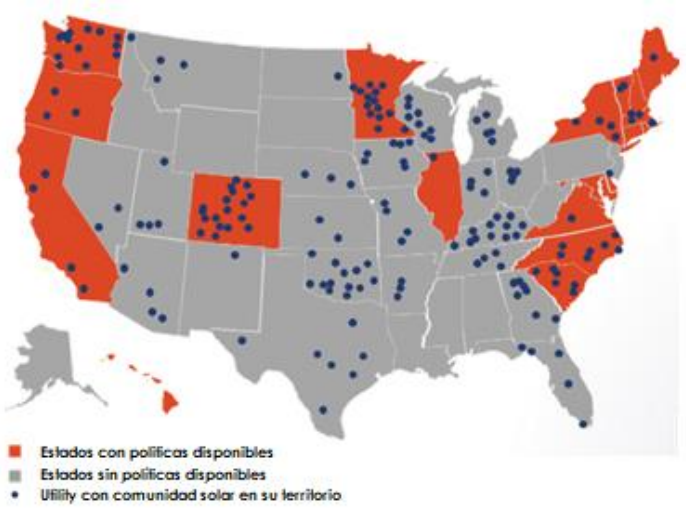


Figura 46. Comunidades solares y estados con políticas públicas para CE en USA
Fuente: Tomado de (Schroeder, 2018)

Actualmente, cerca del 95% de las cooperativas de distribución ofrecen la posibilidad de consumir electricidad renovable a 40 millones de estadounidenses. En USA, la implementación de proyectos de este tipo ha dejado una serie de lecciones aprendidas y dificultades así como mejores prácticas (Schroeder, 2018).

Como lecciones aprendidas y dificultades se enumeran las siguientes: i) Preocupaciones locales sobre la ubicación de estos proyectos (impacto en las tierras agrícolas), ii) Definir unos pocos modelos de comunidades solares no es realista, debido a que se involucran diversidad de variables locales desde preferencias de los usuarios como ubicación y necesidad de financiamiento, iii) La mayoría de las personas están interesadas en estos proyectos, sin embargo, los retrasos y los desafíos indican la complejidad de diseñar proyectos solares comunitarios exitosos, por lo que es necesario investigar y planificarlos de manera anticipada y reflexiva.

En la práctica también han surgido un conjunto de **mejores prácticas** y lecciones aprendidas:

Identificación del mercado objetivo: Centrarse en uno o más mercados para aumentar las probabilidades de éxito del programa, y allanar el camino para ofertas adicionales o ampliadas en el futuro.

Por ejemplo, Fremont, la empresa de servicios públicos municipal de Nebraska, pudo diseñar un programa tanto para los clientes que deseaban comprar paneles solares individuales como para aquellos que estaban interesados en comprar solo la energía que generaban los paneles. El servicio al cliente práctico, los múltiples esfuerzos de alcance comunitario y un proceso de registro sin problemas ayudaron a Fremont a vender su granja de 1,55 megavatios (MW) en siete semanas.

Participación de los interesados: La energía solar comunitaria, casi por definición, significa adoptar una estrategia de diseño colaborativo que atraiga a una amplia gama de partes interesadas, desde el personal de servicios públicos y regulador, los desarrolladores y las empresas locales, hasta los defensores de los clientes y la comunidad.

Ubicación del proyecto: La ubicación juega un papel clave, pero a menudo pasado por alto, en el desarrollo de un programa solar comunitario y puede tener un impacto significativo tanto en los precios como en el marketing del cliente.

Coordinación de tecnologías de la información y facturación: Más de un programa solar comunitario ha sido archivado indefinidamente porque los planificadores no han entendido completamente los impactos potenciales que un proyecto de este tipo puede tener en el sistema de facturación de una empresa de servicios públicos y los cambios que deben ser implementados.

Riesgo de equilibrio: la energía solar comunitaria implica inversiones de capital que conllevan un cierto nivel de riesgo financiero para partes interesadas. Los nuevos modelos de suscripción ofrecen a los suscriptores la oportunidad de asumir un mayor riesgo financiero a cambio de tarifas más bajas. Por ejemplo, los modelos de asociación en los que los clientes comerciales e industriales se convierten en suscriptores "ancla" (contratando una parte significativa de la energía de un proyecto) permiten instalaciones más grandes, economías de escala en los precios y menos riesgo inicial para los desarrolladores y las empresas de servicios públicos. A continuación, se describen algunos casos de CE en USA:

- **Fox Islands Wind, LLC.**

El proyecto Fox Islands Wind se localiza en la isla de Vinalhaven (Maine). Consta de 3 turbinas General Electric de 1,5 MW, que suman un total de 4,5 MW instalados. Toda la electricidad producida se vende, a coste, a la utility que suministra a la propia isla de Vinalhaven y a su isla vecina, North Haven. Esta utility es la cooperativa eléctrica Fox Islands Electric Cooperative. Cuando la energía eólica producida no es suficiente para cubrir la demanda eléctrica, la cooperativa compra electricidad en el continente (esta electricidad es transmitida vía cable submarino). Si por el contrario, la energía eólica producida supera la demanda de la cooperativa, el excedente se vende y se trasmite mediante este cable al continente. Debido a que la electricidad transmitida desde el continente es bastante cara, el proyecto eólico puede ayudar a esta cooperativa a reducir costes (Romero, 2015).

- **Austin Energy**

El programa Community Solar de Austin Energy brinda a los clientes residenciales acceso a energía solar generada localmente, ¡no se requiere instalación! Cuando se inscribe en Community Solar, Austin Energy invierte en proyectos solares dentro de la comunidad de Austin para satisfacer el 100% de sus necesidades de electricidad. El programa Community Solar de Austin Energy ahora tiene proyectos en operación: El Palmer Array (185 kW),Granja solar comunitaria La Loma (2.6 MW) y Aeropuerto Internacional Austin Bergstrom (1.8 MW) (Austin, 2020).

- **Comunidad solar Harbor**

El proyecto Harbour está generando electricidad, gracias a 105 socios que están participando en la financiación del sistema. El sistema fotovoltaico, compuesto de 214 paneles que generan 60 kW, se construyó en el techo del Museo de Historia del Puerto y se energizó el 6 de noviembre de 2015.

Es usado para el suministro de energía del museo y los miembros participantes serán elegibles para incentivos estatales anuales durante los próximos cuatro años (Harbor, 2021).

- **Virtual power plant en California**

Tres mil apartamentos californianos estarán conectados a paneles solares y baterías, reduciendo la posibilidad de cortes de energía, sin importar lo que hagan las empresas de servicios públicos de California. El proyecto,

planificado por la empresa alemana de almacenamiento de energía Sonnen, se distribuirá en siete complejos de apartamentos, el más grande de su tipo. El conjunto conectado de paneles solares y baterías forma lo que se llama una "planta de energía virtual". Además de asegurarse de que toda la comunidad pueda funcionar con energía solar de respaldo durante los apagones, estos VPP también reducen la tensión en la red, porque los VPP almacenan su energía en el sitio. Además, se pueden aprovechar para proporcionar energía durante los picos de demanda (Verge, 2020). El primer complejo de apartamentos que se modernizará será Heron Pointe de 417 unidades en Fresno, una ciudad en el corazón de la región agrícola de California.

- **Jardines solares**

los "jardines solares", se general de un acuerdo en el que los clientes comparten el costo y la producción eléctrica de una matriz solar. Si bien el concepto parece simple y atractivo, los jardines solares han tardado en desarrollarse debido a los desafíos regulatorios y económicos. Sin embargo, esto está cambiando a medida que estados como Oregón y California abren nuevos mercados, y los generadores eléctricos, que van desde pequeñas cooperativas rurales hasta gigantes propiedad de inversionistas, construyen arreglos comunitarios (Jaffe, 2016). En 2006, entró en funcionamiento la primera matriz respaldada por la comunidad en Ellensburg, Washington. Era pequeño, caro y desarrollado por una empresa municipal sin fines de lucro. Aun así, demostró que se podía hacer.

- **Colorado.**

El barrio de Geos combina la vida de pueblo tradicional con el diseño y las prácticas de construcción más avanzadas. Los miembros de la comunidad disfrutarán de un estilo de vida peatonal con porches delanteros, aceras arboladas, tiendas de esquina y servicios para el vecindario. Y gracias al clima único de Colorado, Geos utilizará el sol y la tierra para producir tanta energía como consume, con un costo total igual o menor al de las comunidades ordinarias construidas según el código. Energía solar fotovoltaica y de fuente terrestre: la energía solar fotovoltaica (PV) genera suficiente electricidad para ventilar, calentar, enfriar y alimentar toda la casa. Las bombas de calor de fuente terrestre súper eficientes aprovechan la energía de la tierra para calentar y enfriar con ¼ de energía (Geos_Solar, 2021).

Chile

En Chile, las iniciativas de energía comunitaria han demostrado ser útiles para explotar las economías de escala y es eficaz para reducir los picos de demanda. Estas pequeñas comunidades se han creado para para abastecer a escuelas y familias en regiones aisladas. En Chile, estos sistemas de energía, específicamente, las cooperativas de energía renovables no convencionales, poseen una trayectoria reciente (no más de 5 años), por ello es difícil encontrar estudios sistemáticos de este tipo de iniciativas (Herrera, 2017). Ejemplo de esto es la iniciativa que se enmarca en el proyecto “Generación solar colectiva en Escuelas de Independencia”, por intermedio de la Cooperativa de Trabajo Red Genera y la Municipalidad de Independencia, además, del cofinanciamiento de la Agencia de Sostenibilidad Energética a través del fondo “Inversión Energética Local” (IEL) del programa “Comuna Energética” (Red_Genera, 2017).

La Agencia de Sostenibilidad Energética y el Ministerio de Energía, a través del Programa Comuna Energética, buscan fomentar también que las energías renovables se desarrollen a nivel local y con ayuda de la ciudadanía (Sanchez, 2021).

El proyecto es pionero en la instalación de sistemas solares comunitarios y abastecerá de energía a través de paneles fotovoltaicos a la Escuela Nueva Zelandia y familias próximas a la escuela de la Población Juan Antonio Ríos. La energía comunitaria, como propuesta de modelo de producción de energía, llega a Chile el 2010 a través de la primera Cooperativa de Energía Renovable No Convencional, ENERPucón, propuesta que se difumina a otras regiones, derivando en la actualidad en la constitución de 5 cooperativas de energía renovables (Sanchez, 2021). En Chile, el control autónomo y descentralizado de la energía para generar calor o luz no es algo nuevo, el primer sistema de gestión comunitaria que se tiene registro es la Cooperativa de Consumo de Energía Eléctrica de Osorno, con 65 socios comenzando sus funciones el 4 de mayo de 1945 a partir de la puesta en marcha de la Central Hidroeléctrica Pilmaiquen. En particular para las comunidades aisladas, una de las ventajas es que las

cooperativas eléctricas permiten que la población dispersa sea agrupada en un solo sistema eléctrico, lo que logra compensar el alto costo de las líneas que llevan la energía a los consumidores más alejados a bajo costo.

Las cooperativas de energías renovables surgen tras la aprobación de la ley 20.571 el 20 de febrero de 2012. Tras la entrada en vigencia de esta ley, en 2014, se registran al 18 de enero de 2016 un total de 7 cooperativas de energías renovables en el país: EnerMetropolitana, EnerPucón, EnerAysén, EnerCoop Newen Lanalhue, Ener La Reina, Ener Ovalle y EnerQ. Siendo la primera EnerMetropolitana, en 2012 y cuyos estatutos fueron el modelo para otras cooperativas (Sanchez, 2021).

ENERCOOP, nace a partir de un llamado a la “rebeldía solar” en Chile, como una forma de materializar un movimiento ciudadano asociativo para demostrar, que es posible producir y consumir la energía autogenerada. En otras palabras, las ENERCOOP son un llamado a la formación de prosumidores, de hecho. Entre los objetivos de estas cooperativas están: (1) impulsar métodos ecológicos y sustentables de producción de energía, (2) fomentar el ahorro, eficiencia e independencia energética para la protección del ambiente, generando disminuciones en el costo energético entre un 15 y un 100%, (3) transformar el consumo por la generación de energía, convirtiendo a los socios en “prosumidores de energía”, (4) disminuir las emisiones negativas de la generación de energía a través de la integración de las tecnologías disponibles.

Brasil

Brasil es uno de los países del mundo con mayor disponibilidad en lo que respecta al potencial de las energías renovables. Tiene innumerables sistemas fluviales con abundante agua, un alto índice de radiación solar, que es mayor en el lugar menos soleado comparado con el más soleado de Alemania, una costa de más de 7.000 km con un tremendo potencial eólico y vastas áreas rurales con potencial para la bioenergía(Picchi et al., 2016). De igual manera, es importante destacar como la política brasileña se ha sensibilizado sobre esos temas y ha reconocido el papel fundamental del ciudadano en la transformación energética. Desde 2012, la Resolución 482/12 ha permitido a los ciudadanos generar su propia energía en base a un esquema de medición neta en forma de Generación Distribuida (GD). Desde 2016, también gracias a una participación significativa de la OCB (Organización las Cooperativa Brasileña) que a través de la asociación con DGRV conoció la exitosa experiencia en Alemania con las cooperativas de energía, la Resolución 687/15 ha permitido a las cooperativas producir su propia energía en forma de GD (DGRV, 2016).

La idea principal de la energía comunitaria es que los miembros locales tengan plena participación en el proceso de gestión y generación de su propia energía a través de energías renovables y considerando que esto ya está en línea con el modus operandi en Brasil, particularmente en los asentamientos informales de Río, la implementación de este concepto sería una solución que ayudará a los habitantes a pagar un precio razonable por la electricidad, perder la dependencia de las grandes empresas eléctricas y tener un servicio de calidad. El enfoque de esta inversión será diferente en cada comunidad, ya que es importante considerar el tamaño, la estructura, la participación política, los antecedentes y la necesidad de cada área para elegir el sistema adecuado (Cascardo, 2018).

Adoptando el hito en 2016, la DGRV apoyo la constitución de la primera Cooperativa de GD (Cooperativa de Geração Distribuída) en Brasil, Coober (Cooperativa Brasileira de Energias Renováveis), en Paragominas (Pará). Así mismo, algunos sistemas solares de propiedad comunitaria han surgido en ciudades brasileñas, uno de los cuales ha ayudado a proporcionar acceso a la electricidad para los ciudadanos que viven en condiciones precarias en asentamientos en Río de Janeiro, como es el caso del piloto denominado en el área denominada Pilar(CLT, 2020).

Figura 47. Zona de influencia en Rio de Janeiro. Piloto Pilar
Fuente: Tomado de (CLT, 2020)

Pilar es una comunidad en el área metropolitana de Río, hogar de familias menos privilegiadas donde Light ha invertido en electricidad, infraestructura y compromiso social para proporcionar energía y formalizar a los consumidores que no pagaban por la electricidad. Con lo que se han reducido las pérdidas del 92% al 10%. Junto con el UK Prosperity Fund, se pretende transformar Pilar en un laboratorio al aire libre donde pretendemos validar la hipótesis de que es posible utilizar tecnologías para proporcionar energía de alta calidad y menor precio a familias en situación de vulnerabilidad. Consta de un sistema mini SmartGrid con generación fotovoltaica y baterías. La idea principal de la energía comunitaria es que los miembros locales tengan plena participación en el proceso de gestión y generación de su propia energía a través de energías renovables.

En la comunidad de Santa Marta, la organización social Insolar implementó este concepto de energía comunitaria durante un período de dos años. Dedicada a promover el acceso democrático a la energía a través de la instalación de sistemas fotovoltaicos, brindando también conciencia sobre la tecnología y la educación ambiental. Con el objetivo de tener a los habitantes como protagonistas, también invierten en la mano de obra local para mejorar el empoderamiento de los vecinos, enseñándoles a instalar paneles fotovoltaicos, involucrándolos al máximo y teniendo como consecuencia un mayor espíritu de colaboración. Han instalado más de 150 paneles fotovoltaicos en los techos de muchos edificios en Santa Marta, lo que representa más que aprovechar la energía del sol: también está configurando un futuro positivo de energía limpia y generando un espíritu de colaboración entre los habitantes (Cascardo, 2018).

Las cooperativas solares compartidas son una modalidad de generación muy nueva en Brasil, que fueron regulados a finales de 2015 y entraron en vigencia en 2016. Por lo tanto, prácticamente no hay literatura disponible sobre este tema. Las cooperativas solares compartidas son una modalidad de generación distribuida, que se caracteriza por la unión voluntaria de individuos para generar su propia energía a través de un sistema fotovoltaico. La energía generada es compensada a los miembros de la cooperativa a través del esquema de medición neta uno a uno. Las cooperativas están reguladas por la Ley brasileña No 5764, que establece que, para configurar la cooperativa, un mínimo de 20 personas debe unirse.

Excepcionalmente, según personas jurídicas con los mismos objetivos y valores económicos como miembros individuales, también pueden ser admitido en la cooperativa. Las unidades de consumo y el sistema fotovoltaico deben estar ubicados en la misma área de concesión de la empresa de distribución local. Hasta agosto de 2019, había diez cooperativas registradas en ANEEL de las cuales siete son solares, dos hídricas y una de biomasa. La potencia nominal de estas cooperativas es de 2.6 MW, 6.5 MW y 4.9 MW respectivamente. Actualmente existen 7 cooperativas solares operando en Brasil, como se muestra en la siguiente figura

Figura 48. Cooperativas solares en Brasil
Fuente: Tomado de (Japp et al., 2019)

Las cooperativas 1-4 se fundaron exclusivamente con el propósito de generar energía solar a sus miembros. La Cooperativa 3 también ofrece estrategias de eficiencia energética con un consultor disponible para ayudar a reducir el consumo de energía. Las cooperativas 5, 6 y 7 ya existían configuradas en otros sectores (Crédito y Agrícola) y adoptaron sistemas de generación fotovoltaicos compartidos para ofrecer energía solar a sus miembros. En estas tres cooperativas ya existen los pilotos demostrativos. Cooperativa 5 instaló un sistema fotovoltaico de 36 kWp y compartió los créditos con tres unidades de consumo propiedad de la cooperativa y con otras tres unidades de consumo de los miembros con el fin de probar el modelo de GD compartido. La Cooperativa 6, en particular, es la única que todavía no comparte los créditos con sus miembros. Esta cooperativa está probando el modelo de GD de una planta fotovoltaica de 1 MWp con 28 consumidores de unidades propiedad de la cooperativa, y que se distribuyen en todo el estado de São Paulo. La cooperativa 7, basada en la experiencia de cooperativa 5, ahora está generando energía a través de un sistema fotovoltaico de 1 MWp a 75 miembros y a 95 unidades de consumo propiedad de la cooperativas que se encuentran repartidas por el estado de Espírito Santo (Japp et al., 2019).

Costa Rica

Antes de la existencia de las Cooperativas de Electrificación Rural en Costa Rica, las áreas servidas por estas poseían una electrificación muy escasa, limitándose ésta a las zonas urbanas importantes (algunas cabeceras de cantón) y en algunos distritos a la pulpería, cantina y algunas casas, generalmente pertenecientes a familiares cercanos o al mismo dueño de esos comercios, quien era dueño a su vez del generador eléctrico, usualmente movido por un motor de combustión interna; la electrificación rural como tal no existía. Con este antecedente y ante la necesidad de electrificar estas zonas con la expectativa de estimular el desarrollo económico y social de la vida rural y en general contribuir a alcanzar más altos niveles de vida dentro de su área de servicio, nace en 1964 la idea de crear en Costa Rica cooperativas de electrificación, las que se definen como entidades que brindan el servicio eléctrico sin fines de lucro a sus asociados, quienes son los dueños de las mismas (Asamblea CR, 2003).

En Costa Rica existen cuatro Cooperativas de Electrificación Rural: COOPELESCA R.L, COOPESANTOS R.L, COOPEGUANACASTE R.L, COOPEALFARORUIZ R.L; las cuales formaron el 26 de junio de 1989, una nueva cooperativa, el Consorcio Nacional de Empresas de Electrificación de Costa Rica R.L (CONELÉCTRICAS R.L); cuyos objetivos son:

i. La representación y defensa conjunta.
ii. La producción de energía.
iii. Adquisición de bienes y servicios en forma conjunta
iv. Transferencia de tecnología.

Desde 2015 han aspirado carbono neutro a 2012. > 180 mil miembros de comunidades energía, controlan el 15% mercado energético.

México

En México, las cooperativas energéticas son una rareza en el paisaje del cooperativismo, ya que solo se conocen dos, la cooperativa Onergia y la cooperativa LF del Centro, debido a barreras legales, técnicas y financieras, aunque las leyes de cooperativas reconocen su función en la energía entre otros diversos sectores

Onergia, es una cooperativa de energía que opera en México en el ámbito de la energía, instala sistemas fotovoltaicos, como el de la imagen en la Unión de Cooperativas Tosepan Titataniske en el municipio de Cuetzalan, en el sureño estado de Puebla. La cooperativa, creada en 2017, cuenta con ocho agremiados y ha instalado hasta ahora unos 50 sistemas de generación fotovoltaica, primordialmente en el estado de Puebla, en el centro-sur del país (IPS, 2020). Cooperativa LF del Centro, brinda sus servicios en varios estados, pero no es generadora.

ANESE (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Energéticos) y CIDE (Asociación de Distribuidoras de Energía Eléctrica) presentan una expresión de interés relativa a la Comunidades Energéticas Locales, sobre el despliegue de energías renovables y eficiencia energética, a través de la colaboración ciudadana, mediante modelos de comunidades energéticas locales (Energetica, 2021). El plan modelo de desarrollo propuesto pretende la implementación de comunidades energéticas locales, donde el distribuidor en coordinación con los agentes participantes de la propia comunidad actúe como nexo de conexión de la comunidad energética con el resto del sistema, aportando seguridad, y actuando como habilitador neutral de servicios que proveerán otros agentes o demandando servicios a la propia comunidad. Los principales servicios propuestos dentro de las comunidades energéticas que se pretende desarrollar son los siguientes:

- Generación renovable: solar PV, hidrógeno verde, solar térmica, hidroeléctrica y distrito térmico.
- Eficiencia y ahorro energético: renovación y sustitución de equipos e instalaciones (bomba de calor, LED), sistema de monitorización y optimización de consumos energéticos y “Tockenización” de facturas y emisiones de CO2 reducidas.
- Almacenamiento y gestión de la demanda: bombeo hidráulico, baterías, vehículo eléctrico, térmico (tanques de acumulación) y sistema de control y gestión de la demanda.
- Movilidad sostenible: Car Sharing – Car Pooling y cargadores inteligentes de vehículo eléctrico.

3.2. Experiencias nacionales

Si bien en Colombia aún no hay comunidades energéticas, se encuentran algunas iniciativas impulsadas por pequeños productores en comunidades campesinas, indígenas y afrocolombianas, así como instituciones gubernamentales que están desarrollando inventos e innovaciones para producir su energía con recursos locales. En este grupo se encuentran los distritos térmicos, los proyectos P2P y los sistemas de generación fotovoltaica administrados por empresas privadas o por pequeñas comunidades. A continuación, se presenta la referenciación relacionada con iniciativas cercanas a comunidades energéticas, a nivel nacional.

Distritos térmicos

Los Distritos térmicos en Colombia tienen un potencial fuerte para aplicaciones de enfriamiento en centros comerciales y áreas comunes de zonas francas permanentes, así como en complejos universitarios, centros administrativos y grandes zonas residenciales en menor escala.

En el marco de un acuerdo de cooperación internacional entre el MADS, la Agencia Presidencial de Cooperación (APC), Empresas Públicas de Medellín (EPM) y la Secretaría de Estado para Asuntos Económicos del gobierno suizo (SECO), se desarrolló la ejecución del Proyecto “Distritos Térmicos en Colombia”, que buscaba entre otros objetivos, identificar barreras y desarrollar proyectos piloto en cinco ciudades del país (Medellín, Cali, Bucaramanga, Cartagena y Bogotá) así como entregar recomendaciones para el desarrollo de distritos térmicos en el país (Mariaca, 2021). El primer piloto de distrito térmico en el marco de esta cooperación y también el primero en América latina, fue desarrollado en el centro administrativo La Alpujarra en Medellín, el sistema fue desarrollado y es operado por EPM y presta servicio a los edificios de la administración municipal (Ver figura) y opera desde 2016.

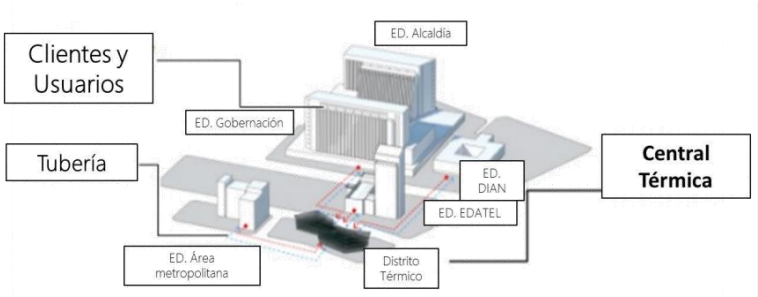


Figura 49. Configuración distrito térmico La Alpujarra
Fuente: tomado de (DNP, 2017)

Este sistema cuenta con una alimentación de gas natural y electricidad para operación de la planta térmica, que cuenta con una microturbina de 1 MW, un dispositivo de absorción y tres dispositivos de compresión. Además, se tiene un dispositivo de bombeo y distribución que envía, mediante tubería, agua a una temperatura de 5°C y recibe agua de retorno a 12°C. Este distrito térmico únicamente suministra enfriamiento (DNP, 2017). Evita la emisión de 1200 toneladas de CO2, equivalente a 235 vehículos conducidos durante un año. Elimina el 100% de sustancias agotadoras de la capa de ozono. Deja de utilizar la energía equivalente al consumo de energía en 220 hogares durante un año. Además del servicio, esta infraestructura ha sido diseñada con la finalidad de cumplir funciones educativas y didácticas para que, en el futuro, otras empresas la implementen para que sus proyectos no partan de cero, sino con los conocimientos adquiridos desde esta primera. experiencia.

Figura 50. Distrito térmico La Alpujarra
Fuente: Tomado de (ACI, 2019)

Desde un principio, ha habido interés en replicar el sistema en otras ciudades del país. Es así como a partir de los resultados obtenidos con este primer distrito, se han desarrollado propuestas conceptuales de distritos térmicos para las siete (7) ciudades (Bogotá, Cartagena, Medellín, Cali, Bucaramanga, Montería y Villavicencio) y estudios financieros con resultados positivos de implementación. Si consideramos que el 75% de la población en Colombia vive en ciudades y que casi el 70% de estas se ubican por debajo de los 1.500 metros sobre el nivel del mar, hay mucho potencial para el uso del frío (Mariaca, 2021).

- **Centro comercial Lo Nuestro, Montería**

El Centro Comercial Lo Nuestro es un distrito intramural, el cual provee el agua helada y energía eléctrica para el consumo del Centro Comercial desde 2017. Cuenta con 158 usuarios conectados, Capacidad Térmica 1.400 TR Instaladas y 1,28 MW de Generación Eléctrica (Builes, 2019). Este distrito es autónomo y autosuficiente; lo que permite proveer el servicio aún en momentos donde no haya energía eléctrica del sistema interconectado. En este sistema se utiliza el concepto de CHP (*Combined Heat and Power*) para generar energía eléctrica a través de una microturbina a gas natural, y a través sistema solar fotovoltaico para suministro de potencia a los equipos de aire acondicionado y otros consumos, y energía térmica en forma de agua helada, producida por una combinación de enfriadores eléctricos y de absorción, que utiliza la energía residual contenida en los gases producidos por la turbina en el proceso de combustión(Builes, 2019).

Figura 51. Distrito térmico CC Lo Nuestro, Montería
Fuente: Tomado de (Builes, 2019)

- **Serena del Mar, Cartagena**

Serena del Mar, es un nuevo concepto de ciudad ubicado en la zona norte de Cartagena, que posee sistemas de distritos térmicos para algunos proyectos residenciales, el Centro Hospitalario y el Edificio Universidad de los Andes sede Caribe, gracias a Celsia como aliado que garantiza la integridad de La Ciudad Soñada con la naturaleza y la sostenibilidad (CELSIA, 2020). Este distrito térmico extramural con capacidad de 1,544 toneladas de refrigeración, que climatiza un centro hospitalario, una universidad y los proyectos de vivienda que están en desarrollo. Inicio operación con el suministro de energía térmica (agua helada) al Hospital Carlos Haime desde finales de 2018 y el suministro de Agua Caliente desde mediados del 2019 y suministro de energía térmica (agua helada) a la Universidad de los Andes desde marzo de 2018, y para los apartamentos se empezarán a conectar con los servicios del distrito desde el 2022 hasta el 2023 (Builes, 2019). Este distrito recibió reconocimiento de la ONU en 2020. Generación con gas natural y energía eléctrica de SIN. Tiene una capacidad Térmica Módulo 1 de 1544 TR instalados (LR, 2017).

Figura 52. Distrito térmico Serena del Mar, Cartagena
Fuente: Tomado de (Builes, 2019; LR, 2017)

Iniciativa Ciudades Energéticas

En 2018, la Embajada de Suiza, Cooperación Económica y Desarrollo y la UPME unieron esfuerzos para desarrollar la iniciativa Ciudad Energética, orientada a introducir una herramienta implementada en otros países, con el fin de mejorar la calidad de la gestión energética en las ciudades colombianas elegidas como piloto (Corpoema, 2020). Con base en criterios principalmente de liderazgo institucional, territoriales (población, diversidad de pisos térmicos), ambientales y de sostenibilidad (potencial para energías renovables), fueron elegidas Fusagasugá, Montería y Pasto.

- **Piloto Fusagasugá**

El proyecto en Fusagasugá consiste en la instalación y la operación de paneles solares fotovoltaicos para reducir costos en la facturación de los usuarios públicos y privados, por medio de un modelo de agregación de demanda, que consiste en la realización de una compra asociativa. En este proyecto se instalarán entre 200 kilovatios y 250 kilovatios y al menos 51 instalaciones tanto en el sector residencial, como en edificios públicos, y en otros usuarios privados como el sector comercial. Además de la reducción de costos obtenida con la agregación de demanda, los

usuarios recibirán una cofinanciación por parte del programa, que depende tanto del sector como del estrato socioeconómico para los hogares urbanos. Los resultados esperados de la implementación de este proyecto son: la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 20,6 toneladas de CO2 equivalente por año y la generación de energía por 125,6 megavatios-hora/año.

- **Piloto montería**

El proyecto que se implementó en la ciudad de Montería consiste en la incorporación de medidas para el mejoramiento energético de un colegio con los objetivos de reducir los gastos operativos y las temperaturas dentro de los salones de clase a 27°C, utilizando la energía solar para la autogeneración de electricidad e incrementar el bienestar de estudiantes y funcionarios. En este proyecto se han tomado en cuenta las medidas pasivas y activas que se pueden implementar para mejorar el confort de quienes asisten a la institución educativa, sin incrementar los costos que se deben asumir en su operación Los resultados esperados de la implementación de este proyecto son: la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 5,8 toneladas de CO2 equivalente por año, el ahorro de 35,5 megavatios-hora/año de energía a través de las medidas de eficiencia energética aplicadas y la generación de energía por 55,6 megavatios-hora/año.

- **Piloto Pasto**

El proyecto de victoria temprana que se está implementando en la ciudad de Pasto, consiste en un eje precursor de la bicicleta conformado por ocho estaciones de recarga de bicicletas sobre un corredor universitario de la ciudad, y un parque de bicicletas eléctricas y mecánicas. Las estaciones de préstamo de bicicletas serán administradas por cada una de las Instituciones en las cuales se ubican, y estas se harán cargo de su operación en el futuro. Los resultados esperados de la implementación de este proyecto son: la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en 85,1 toneladas de CO2 equivalente por año, el ahorro de 312 megavatios-hora/año de energía a través de las medidas de eficiencia energética aplicadas y la generación de energía por 28,6 megavatios-hora/año.

Comunidades solares

En Colombia el uso de la energía solar, sistemas híbridos y microrredes de estos se ha convertido en una alternativa para generar electricidad en zonas remotas o rurales No interconectadas. En lo que respecta a la energía solar fotovoltaica se ha direccionado a electrificación de viviendas, sistemas de abastecimiento de agua, instituciones educativas, comunicaciones, centros de salud e iluminación, (Gómez-Ramírez et al., 2018). La ubicación geográfica privilegiada para la irradiación energética, el desarrollo de nuevas tecnologías, el auge de nuevos mercados de energías renovables no convencionales y los beneficios tributarios de la Ley 1715 del 2014, han generado un entorno ideal para el desarrollo de pequeños y grandes proyectos basados en este tipo de energía. Los sistemas de este tipo se presentan articulados en la forma de microrredes como mostrado en la siguiente figura:

Figura 53. Esquema de microrred de generación eléctrica solar
Fuente: Tomado de (Promoenergia, 2015)

En la siguiente tabla se señalan algunos proyectos de inversión en energía fotovoltaica desarrollados en Colombia desde el 2015, y que han beneficiado principalmente a comunidades aisladas.

Tabla 16. Proyectos de inversión fotovoltaicos
Fuente: Adaptado de (Gómez-Ramírez et al., 2018)

Depto	Año	Municipio	Proyecto	Población beneficiada
Nariño	2015	Santa Bárbara de Iscuandé	Sistemas fotovoltaicos en instituciones educativas y en la red de microscopios	307 Familias (1290 personas)
Choco	2015	Puerto Abadía, Bajo Baudó	Energía solar en Concosta	62 familias (190 personas)
	2015	Parque Nacional Natural de Utria	Sistemas solares fotovoltaicos	-
	2016	Vereda Los Tibiri Alto y Atitiza- Acandi	Instalación de sistemas fotovoltaicos individuales para generación eléctrica	138 personas
Amazonas	2016	Resguardo indígena Ticoya San Martin de Amacayacú Resguardo indígena Mocagua Resguardo Santa Sofia, todos en Leticia	Implementación sistema solar fotovoltaico para el centro educativo y centro de salud del resguardo	340 personas
Arauca	2016	Veredas San Jose y Juriepe- Cravo Norte	Electrificación rural con generación fotovoltaica individual	39 personas
Putumayo	2016	Centro educativo e internado Luis Vidales – Puerto Leguizamo	Implementación sistema solar fotovoltaico para el centro educativo e internado	98 personas
Vichada	2016	Centro educativo la Venturosa- Puerto Carreño y centro de salud	Implementación sistema solar fotovoltaico para el centro educativo y centro de salud	98
Guajira	2016	Nazaret y pueto la Estrella-	Implementación sistema solar fotovoltaico para los usuarios localizados en el corredor entre Nazarth y Puerto Estrella, Alta Guajia	86 personas
		Comunidades indígenas de Malirrachón, Ushyru, Mapuain, Manaure, Ampuita, Cuniche, Juluguaipa- Alta Guajira	Implementación sistema solar fotovoltaico para usuarios comunidades indigenas	100 personas

Se estima que en las diferentes regiones del país (urbanas y rurales) existen bastantes proyectos de generación eléctrica con tecnología solar fotovoltaica (paneles fotovoltaicos) de tipo privado y comercial, con conexión al Sistema Interconectado y aislado del Sistema Interconectado. Así mismo, por iniciativa de entidades particulares sin ánimo de lucro, en regiones como la Guajira, se han instalado sistemas solares pequeños que permiten que algunas comunidades aisladas, puedan acceder a la energía en escuelas y salones sociales de las comunidades, lo que permite el uso de computadores, celulares, entre otros elementos que contribuyen a mejorar la comunicación y la calidad de su educación (Matera, 2019).

Figura 54. Sistema solar en ranchería Wayuú
Fuente: Tomado de (Matera, 2019)

Durante los últimos años, se han instalado muchos más sistemas en los programas de electrificación rural, con fuerte financiación del Estado, haciendo uso actualmente de recursos como el FAZNI (Fondo de Apoyo Financiero para la Energización de las Zonas No Interconectadas). El IPSE (Instituto para la Promoción de Soluciones Energéticas) es en la actualidad la institución que lidera las acciones del Estado en la energización del campo colombiano. Según esta institución hay en la actualidad más de 15 000 sistemas instalados para estas aplicaciones (Murcia, 2008).

En el marco del desarrollo del proyecto "Technical Cooperation to Strengthen the Process of overcoming poverty and reducing gaps in rural areas in Colombia", en 2020 China entrego 3.000 paneles solares de 20 watts con seis metros de alcance. Cuentan con una batería de litio de 11.1V/12 AH. Los cuales, se llevarán a territorios indígenas y afrodescendientes que habitan resguardos y los municipios de Bajo Baudó y del Litoral de San Juan (APC-Colombia, n.d.).

En Bajo Baudó se beneficiarán 1.351 hogares indígenas pertenecientes a 39 comunidades de la asociación Asorewa y 215 familias afrodescendientes, mientras que en Litoral de San Juan se beneficiarán 1.220 familias indígenas de 27 comunidades de la asociación Woundeko y 214 hogares afrodescendientes, quienes van a contar por primera vez con una solución de iluminación en sus casas.

También se destaca el proyecto Energía para la Paz que apoya la planificación, construcción, operación y transferencia de mini redes de energía solar en comunidades que han sido afectadas por la violencia, las cuales fueron previamente preseleccionada la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Colombia (GOC)(USAID, 2020). Estas mini redes de permitirán a las comunidades acceder a energía eléctrica de bajo costo para aumentar la productividad, la producción y los ingresos relacionados. Se espera que los proyectos estén terminados entre junio 2020 y junio 2025.

Energía entre pares (P2P)

La Iniciativa Energía Transactiva Colombia está desplegando una Comunidad de Energía Solar, que hizo uso de la co-creación como una herramienta para diseñar de manera colaborativa una solución de energía solar, con el objetivo de replicar y escalar estos modelos a través de un proceso participativo con actores clave (Lawrence, 2020; Márquez Marulanda et al., 2020). La idea principal detrás de este proyecto es permitir a estos usuarios adquirir su energía de otras personas en la ciudad basándose en diferentes atributos tales como la porción de energía proveniente de fuentes renovables, la infraestructura de la generación y su ubicación.

En este proyecto de comunidad solar, son 27 usuarios, habitantes de la comuna 13 con participación de grupos comunitarios de reconocido liderazgo: Casa Kolacho, AgroArte y El Partido de Las Doñas quienes estarán conectados por medio de la plataforma NEU(Lawrence et al., 2021). La cual les permitirá a los usuarios gestionar su energía de manera colectiva buscando aumentar la eficiencia o generar nuevos ingresos a partir de los excedentes solares. Bajo las condiciones actuales de mercado, para las comunidades no es fácil hacer inversiones en tecnologías limpias. Tampoco está claro cuál es el mejor modelo de asociación para manejar un proyecto de energía comunitarios (IRENA, 2020c). Por estas razones, este piloto busca generar un modelo de negocio, replicable y escalable, para que los usuarios de las comunidades energéticas se conviertan en un componente clave de la transición energética, y sigan fomentando la participación de las personas en nuevos negocios de energía.

Figura 55. Paneles solares instalados en comuna 13
Fuente: Tomado de (Márquez Marulanda et al., 2020)

Del piloto de energía entre pares P2P, hacen parte tres viviendas de bajo consumo, tres prosumidores de alto consumo, el centro comunitario Casa Kolacho (Centropolis, 2020), de la comuna 13 de Medellín, y seis viviendas de alto consumo, es decir 13 usuarios, cada uno de ellos conectados de manera independiente a la red de distribución, que forman una microrred virtual conectados a través de la plataforma de intercambio de energía NEU.

Figura 56. Esquema sistema transactivo P2P – Comunidad Solar
Fuente: Tomado de (Márquez Marulanda et al., 2020)

El proyecto incluyó la instalación, desde julio de 2020, de 18 paneles solares en el techo de la casa cultural y en otros seis lugares en el Valle de Aburrá para que generaran energía solar y formaran una micro red en la que comparten la energía que cada uno genera con otras cinco viviendas conectadas, pero que no tienen paneles solares instalados. Este piloto surgió en 2019 fruto del diálogo con la academia y la empresa privada. Los mentores fueron EPM, Erco Energía, Universidad EIA y contaron con el apoyo del Newton Fund y University College London. Este es un piloto, pero podría implementarse una especie de certificado de origen y ahí es importante el atributo de energía renovable o con causa social". En la actualidad se trabaja en una segunda fase para desarrollar la comunidad energética.

3.3. Análisis comparativo

A continuación, se establece un cuadro comparativo entre las características generales de cada comunidad energética por país, lo que permite diferenciar y hallar las similitudes entre ellas.

Tabla 17. Análisis comparativo comunidades energéticas
Fuente: Elaboración propia

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Alemania	Distribución, suministro y producción de energía	Cooperativa. Asociación abierta y voluntaria. Y sociedades limitadas. Solo miembros locales. Sistemas moderadamente descentralizados	PV, eólica, hídrica, biomasa. Calor y gas. Vehículos eléctricos. Servicios de ahorro energético	Tasa menor de energía. Distribución de divididos anuales (2-3.5%). Reinversión de beneficios en proyectos renovables y tecnología. Excedente de energía se vende y se reinvierte en proyectos de este tipo o en proyectos para beneficio de la comunidad. Pagos por almacenamiento e inyección a la red
Holanda	Producir, almacenar y compartir su propia energía. Operar su propia micro red y participar del mercado de energía. Compensar CO2	Cooperativas de asociación abierta y voluntaria la mayoría. Membresía limitada: asociaciones de propietarios, asociaciones energéticas. Miembros cerca de la utility	PV. Baterías. DR y P2P co sistema de distribución. Distrito térmico. CHP. Eólico. Vehículos eléctricos	Generación y suministro, autoconsumo a sus miembros. Tasa de descuento en la factura energía. Tarifas dinámicas de electricidad
Bélgica	produce y suple de electricidad verde. Desarrollar proyectos de energía sustentable, descentralizados y democráticos. Reducir emisiones CO2	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	Generación, venta, compartición, distribución 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

País	Objetivo	Esquema de agrupación usuarios	Recursos energéticos	Modelo transaccional
Grecia	La producción, almacenamiento, consumo propio o venta de energía eléctrica o térmica o de refrigeración de plantas de fuentes de energía renovables o de cogeneración de energía eléctrica de alta eficiencia, o plantas híbridas establecidas en la región donde se encuentra la sede de la C.E. o incluso dentro de la región vecina de la C.E	Cooperativas civiles. Miembros personas físicas o jurídicas, de derecho público o privado, y autoridades locales y regionales, así como sus empresas. Ningún miembro puede pertenecer a más de una CE, salvo que se trate de una persona jurídica pública o de una autoridad local. Para constituir una CE se requiere la presencia mínima de cinco miembros. El 50% debe ser de a la zona de CE	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	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
Portugal	Generación, venta, compartición, distribución electricidad a partir de renovables.	Participación abierta y voluntaria. Publico privado, naturales	solar, almacenamiento	-
Dinamarca	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
Australia	Generación renovable, venta, distribución, compartición, almacenamiento	Cooperativas, organizaciones comunitarias de naturaleza social	Solar, eólica, hidro y térmico	-
USA	Producción, autoconsumo, distribución, compartición, comercialización.	Cooperativas locales	eficiencia energética. Solar. CHP. Smart grid. Eólica	-
Costa Rica	Electricidad a comunidades aisladas	Cooperativas locales aisladas, principalmente zona rural	solar, batería	-
Brasil	Producción, autoconsumo, distribución, compartición, comercialización.	Cooperativas solares, comunidades con pobreza energética	Solar, biomasa, hídrica	Microred
Chile	Producción, autoconsumo	Cooperativas Comunidades rurales	solar	-

4. LINEAMIENTOS BASE PARA COLOMBIA

Con base en la revisión de conceptos y modelos nacionales e internacionales para desarrollar un modelo de Comunidades Energéticas para Colombia se identifican los siguientes lineamientos divididos en 2 grupos: trabajo en comunidad y recomendaciones habilitadoras de la comunidad.

Trabajo en comunidad:

Estos lineamientos están relacionados directamente con los actores de la comunidad energética y el contexto en el cual se desenvuelven.

- Conocer y hacer trabajo previo con los actores y posibles miembros de la comunidad energética para conocer sus intereses y necesidades en torno a los cuales se desarrollará la comunidad.
- Entender el contexto particular (área, clima, actividad económica, etc.) en el que se va desarrollar la comunidad energética.
- Buscar asociaciones, agrupaciones, agremiaciones que se dediquen a actividades particulares y que puedan tener como interés común la energía y otros beneficios, más allá de beneficios económicos.
- Las comunidades requieren un mayor conocimiento para constituir, administrar y poseer proyectos de energía. Particularmente aquellas ubicadas en zonas alejadas. Por lo que es necesario implementar programas y estrategias de capacitación relacionadas con comunidades energéticas.
- La participación de las partes interesadas es clave para el establecimiento, las operaciones y la gestión de futuros proyectos de energía comunitaria.

Recomendaciones habilitadoras:

Estos lineamientos incluyen aquellas labores que pueden habilitar el desarrollo de una comunidad energética, bien sea de orden regulatorio o técnico.

- Estudiar en detalle la disponibilidad de recursos energéticos para todas las épocas del año y posibles condiciones de operación, de esta forma se puede estructurar mejor el modelo de negocio a seguir.
- Se necesitan estrategias de políticas eficaces a nivel nacional y local para fomentar el establecimiento y la gestión de comunidades energéticas.
- Resulta complejo definir un único modelo de comunidad energética. Tendrá múltiples variaciones en función de las características propias de cada comunidad.
- Comprender las necesidades de la comunidad es fundamental para encontrar soluciones energéticas efectivas para ella. En general, se centran en el uso de los nuevos recursos energéticos ignorando los enfoques inclusivos y participativos necesarios para lograr energía democrática.
- Las lecciones de casos de estudios internacionales son de utilidad para el contexto nacional, pero deberán contextualizarse y adaptarse a las necesidades, recursos y oportunidades únicos de cada región del país.
- A la hora de establecer un modelo de comunidad es necesario conocer su esquema de agrupación de usuarios, esquema de agrupación de recursos energéticos, modelo de negocio y esquema de gobernanza.

La evaluación de estos lineamientos será insumo para identificar los posibles modelos, criterios, estructura y guía para el desarrollo de las comunidades energéticas en el país.

BIBLIOGRAFÍA

Ableitner, L. (2020). *Energy communities: how Swiss people could soon lay the foundation for renewable energies*. https://www.linkedin.com/pulse/energy-communities-how-swiss-people-could-soon-lay-liliane-ableitner/

ACI. (2019). *Distrito Térmico: infraestructura verde que cuida el aire que respiramos en Medellín – ACI Medellín*. https://www.acimedellin.org/distrito-termico-infraestructura-verde-que-cuida-el-aire-que-respiramos-en-medellin/

AEC. (2010). *AEC | Amelander Energie Coöperatie | Ameland Energie | Video's*. https://www.amelandenergie.nl/files/zonnepark.html

AlbaRenova. (2020). *Planta de energía solar fotovoltaica de conexión a red en suelo de 1 MW*.

Ali, Y. (2020). *Switzerland Community Successfully Trials Local Blockchain Electricity Market*. https://microgridknowledge.com/blockchain-electricity-market-successfully-trialed-switzerland/

Alumbra. (2021). *PROYECTO – Alumbra*. http://alumbra.asociacionmuti.com/proyecto-alumbra/

Ambole, A., Koranteng, K., Njoroge, P., & Luhangala, D. L. (2021). A Review of Energy Communities in Sub-Saharan Africa as a Transition Pathway to Energy Democracy. *Sustainability 2021, Vol. 13, Page 2128*, *13*(4), 2128. https://doi.org/10.3390/SU13042128

APC-Colombia. (n.d.). *Prosperidad Social recibió del Gobierno chino 3.000 paneles solares para beneficiar comunidades afro e indígenas de Chocó*.

Asamblea CR. (2003). *Ley 8345. PARTICIPACIÓN DE LAS COOPERATIVAS DE ELECTRIFICACIÓN RURAL Y DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS MUNICIPALES EN EL DESARROLLO NACIONAL* . http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=50204&nValor3=73659&param2=1&strTipM=TC&lResultado=1&strSim=simp#up

Austin. (2020). *Community Solar*. https://austinenergy.com/ae/green-power/solar-solutions/for-your-home/community-solar

Basterra, M. L., & Ozamiz, M. B. (2020). *Modelos de negocio en recursos distribuidos de electricidad*.

BBVA. (2019). *¿Qué son las comunidades energéticas y cómo funcionan?* https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/

Bolle, A. (2019). *Como pueden las ciudades apoyar a las ciudades de energia renovable*. https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2019/10/RNP_Guidebook_ES_Web.pdf

Braff, D. (2021). *Freiburg, Europe's Solar City*. https://www.greencitytimes.com/freiburg/

Bridge. (2019). *Energy Communities in the EU Task Force Energy Communities. Horizon 2020*.

Brixton. (2019). *Brixton Energy | Power to, for and by the people!* https://brixtonenergy.co.uk/

Builes, L. (2019). Experiencias de distritos térmicos en Colombia. *II Congreso Internacional Por La Capa de Ozono y El Clima. Distritos Térmicos*. https://www.distritoenergetico.com/wp-content/uploads/2019/09/Lucas-Builes-Experiencias-de-distritos-termicos-en-Colombia-min.pdf

BWE. (2012). *Community Wind Power local energy for local people international*. 24. https://www.wind-energie.de/fileadmin/redaktion/dokumente/dokumente-englisch/publications/bwe_broschuere_buergerwindparks_engl_10-2012.pdf

C40. (2011). *Freiburg - An Inspirational City Powered by Solar, Where a Third of all Journeys are by Bike*. https://www.c40.org/case_studies/freiburg-an-inspirational-city-powered-by-solar-where-a-third-of-all-journeys-are-by-bike

Camara de representantes. (2021). *Congreso de la república de Colombia*. Congreso de La República de Colombia.

Caramizaru, A., & Uihlein, A. (2020). *Energy communities : an overview of energy and social innovation*. https://doi.org/10.2760/180576

Carlisle, N., Elling, J., & Penney, T. (2008). *A Renewable Energy Community: Key Elements A reinvented community to meet untapped customer needs for shelter and transportation with minimal environmental impacts, stable energy costs, and a sense of belonging*. http://www.osti.gov/bridge

Cascardo, M. (2018). *Community Energy: A possible solution for the power issues in Rio de Janeiro's neglected*

areas. https://www.worldfuturecouncil.org/community-energy-rio-de-janeiro/

Castillo, M. (2020). *Renewable energy communities to boost the energy transition in the Mediterranean | REVOLVE*.

CELSIA. (2020). *Distrito térmico | Celsia empresa de energía del Grupo Argos Colombia*. https://www.celsia.com/es/soluciones-en-eficiencia-energetica-para-empresas-y-constructoras-celsia/gestiona-y-optimiza-tus-energeticos-de-manera-integral/distrito-termico/

Centrica. (2020). *Cornwall Local Energy Market | Centrica plc*. https://www.centrica.com/innovation/cornwall-local-energy-market

Centropolis. (2020). *El proyecto de energía solar que puso como ejemplo a Casa Kolacho*. https://www.centropolismedellin.com/proyecto-energia-solar-puso-como-ejemplo-a-casa-kolacho/

CIGRE. (2021). *DOCUMENTO TÉCNICO REGULACIÓN , NORMATIVA Y NUEVOS MERCADOS EN MICRORREDES EN EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO*.

CIGRE Colombia. (2021). *REGULACIÓN, NORMATIVA Y NUEVOS MERCADOS EN MICRORREDES EN EL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO*.

Clean_Energy. (2016). *American Samoa Island Community Microgrid - Clean Energy Group*.

CLT. (2020). *Brazil Energy Programme*. https://www.carbonlimitingtechnologies.com/wp-content/uploads/2020/09/Brazil-Energy-Programme-PQQ-webinar.pdf

Coalition for Community Energy (C4CE). (n.d.). Retrieved August 17, 2021, from www.c4ce.net.au/nces

Colombia Inteligente. (2019a). *Microrredes sostenibles*.

Colombia Inteligente. (2019b). *Respuesta de la Demanda: Estrategia para la mitigación de gases de efecto invernadero*.

Colombia Inteligente. (2020). *RECURSOS ENERGÉTICOS DISTRIBUIDOS ACCIONES PARA SU INTEGRACIÓN*.

COME-RES | Home. (2020).

Comisión para la cooperación ambiental. (2010). *Guía para el desarrollo de proyectos comunitarios de energía renovable en América del Norte*. http://www3.cec.org/islandora/es/item/3610-guide-developing-community-renewable-energy-project-in-north-america-es.pdf

Comission, E. (2021). *Economies of Energy Communities: Review of electricity tariffs and business models*.

Community-Power. (2016). *Home - www.communitypower.eu*. https://www.communitypower.eu/en/belgium.html

Community Power Agency. (2014). *Community-owned renewable energy. A how to guide*.

CommunityPower. (2016). *Home - www.communitypower.eu*.

Congreso de la República. (2020). *Ley 2069 del 2020: "POR MEDIO DEL CUAL SE IMPULSA EL EMPRENDIMIENTO EN COLOMBIA."*

Congreso de la República. (2021). *Ley 2099de 2021: POR MEDIO DE lA CUAL SE DICTAN DISPOSICIONES PARA LA TRANSICiÓN ENERGÉTICA, lA DINAMIZACION DEL MERCADO ENERGETICO, LA REACTIVACiÓN ECONÓMICA DEL PAÍS Y SE DICTAN OTRAS DISPOSICIONES.*

Cooperase. (2020). *Comunidad Energética de Monachil. Plan de desarrollo 2020*. https://drive.google.com/file/d/1toLeZsRqg1x5t3-Pc00X_OPpcdI-g1dV/view

Coopérnico. (2021). *Coopérnico – Energia verde, sustentabilidade e cidadania*. https://www.coopernico.org/

Corpoema. (2020). *Iniciativa. Ciudad energética*. https://www.ciudadenergetica.co/es/

de la Tierra, A. (2020). *Comunidades energéticas de éxito – Comunidades energéticas*.

de la tierra, A., REScoop.esu, Energu Cities, & Friends of the earth Europe. (2020). *COMUNIDADES ENERGÉTICAS : Una guía práctica para impulsar la energía comunitaria*.

de Navarra, G. (2019). *Plan Energético Horizonte 2030 Anexo: Comunidades Energéticas*.

DGRV. (2016). *Cooperativas en la transición energética de Brasil – La DGRV*.

DGRV. (2020). *Enhancing the Capacity of Regions and Municipalities to participate in Energy Communities (ENCREMENCO)*.

DNP. (2017). *Energy Demand Situation in Colombia*. 136. https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Energia/MCV - Energy Demand Situation VF.pdf

Econoticias. (2021). *Regantes de la zona norte de Granada rechazan la instalación de una planta fotovoltaica porque invade 700 hectáreas de terrenos agrícolas*. https://www.eldiario.es/andalucia/granada/regantes-zona-norte-provincia-granada-rechazan-instalacion-planta-fotovoltaica-invade-700-hectareas-terrenos-agricolas_1_7839286.html

Ecoticias. (2020). *Energías renovables, el caso de éxito de Crevillent*. https://www.ecoticias.com/energias-renovables/206689/Energias-renovables-caso-exito-Crevillent

EDSO. (2017). *European Distribution System Operators for Smart Grids: EDSO position paper on local energy communities* (Issue September). https://www.edsoforsmartgrids.eu/wp-content/uploads/170914-EDSO-position-paper-on-local-energy-communities_final.pdf

El-Pais. (2020). *La escuela que dará luz a un barrio | El futuro no se detiene | EL PAÍS*. https://elpais.com/economia/el-futuro-no-se-detiene/2020-12-14/la-escuela-que-dara-luz-a-un-barrio.html

Energetica. (2021). *Las comunidades energéticas locales impulsadas por el último plan de ANESE y CIDE - Más renovables*. https://energetica21.com/noticia/las-comunidades-energeticas-locales-impulsadas-por-el-ultimo-plan-de-anese-y-cide

Energy4all. (2019). *Welcome to Energy4All - Energy4All*. https://energy4all.co.uk/

Energycities, Friends of the earth Europe, Greenpeace, & Rescoop.eu. (2018). *Unleashing the Power of Community Renewable Energy*. https://bit.ly/2GLYnov

Enova. (2021). *What is Community Energy and its role in Australia?*

ESEficiencia. (2020). *Primera instalación para el desarrollo de la comunidad energética Comptem • ESEFICIENCIA*. https://www.eseficiencia.es/2020/10/01/primera-instalacion-desarrollo-comunidad-energetica-comptem

Euroheat. (2021). *Case Studies Archives | Euroheat & Power*. https://www.euroheat.org/knowledge-hub/case-studies/

Europe, H. (2011). *Schoonschip - A pioneering floating energy community - Housing Evolutions Hub*. https://www.housingevolutions.eu/project/1798/

F.G. Reis, I., Gonçalves, I., A.R. Lopes, M., & Henggeler Antunes, C. (2021). Business models for energy communities: A review of key issues and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *144*, 111013. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111013

Fajardo García, G., & Frantzeskaki, M. (2020). Las comunidades energéticas en Grecia. *REVESCO. Revista de Estudios Cooperativos*, *137*(137), e71866. https://doi.org/10.5209/reve.71866

FNR. (2020). *FNR - Bioenergiedörfer: Liste*.

Frieden, D., Tuerk, A., Neumann, C., D'Herbemont, S., & Roberts, J. (2020). *Collective self-consumption and energy communities : Trends and challenges in the transposition of the EU framework* (Issue December).

FWTM. (2014). *Green city Freiburg: Approaches of Sustainability*. https://www.awec2017.com/images/GreenCity_English.pdf

Garcia, M. (2020). *San Mamés, un ejemplo de comunidad solar*. https://www.lavanguardia.com/vida/20210817/7660337/comunidades-solares-cooperativas-autoconsumo-energetico-repsol-brl.amp.html

Geode. (2021). *Energy Communities What are Energy Communities?*

GEODE. (2019). *Model of an Energy Community*.

Geos_Solar. (2021). *Geos Tour - Geos Neighborhood*. http://discovergeos.com/geos-tour/#naturally-powered

Gipe, P. (2017). *WIND-WORKS: Bürger-Windpark Lübke-Koog 25-Year Anniversary--A Review*.

Gipe, P. (2018). *Community Power*.

Goitia-Zabaleta, N., Milo, A., Otaegi, M., & Urbieta, A. (2020). Rennaisance - Desarrollo de las comunidades energéticas locales y blockchain • SMARTGRIDSINFO. In *Rennaisance - Desarrollo de las comunidades energéticas locales y blockchain*.

Gómez-Ramírez, J., Murcia-Murcia, J. D., & Cabeza-Rojas, I. (2018). *LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA: POTENCIALES, ANTECEDENTES Y PERSPECTIVAS*. 19. https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10312/Gómez2018.pdf?sequence

Green Alliance. (2019). *Community energy 2.0: The future role of local energy ownership in the UK*. www.green-alliance.org.uk

Grunnenger. (2019). *Item | Interreg Europe*.

Harbor. (2021). *Harbor Community Solar – Peninsula Light Company*. https://www.penlight.org/energy-services/solar/harbor-community-solar/

Hashmi, M. U., Pereira, L., & Bušić, A. (2019). Energy Storage in Madeira, Portugal: Co-optimizing for Arbitrage, Self-Sufficiency, Peak Shaving and Energy Backup. *2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019*.

Hepburn. (2019). *Projects Hepburn Wind*.

Herrera, F. (2017). *LA GOBERNANZA COMÚN DE COOPERATIVAS DE ENERGÍAS RENOVABLES EN COMUNIDADES DE CHILE*.

HIER. (2018). *Local Energy Monitor | HIER opgewekt*.

Hockenos, P. (2019). Clean energy by the people for the people. *Stanford Social Innovaion Review*, *134*(9), 4–8. https://doi.org/10.1177/0096144204263804

HRE4. (2021). *Resources by country – Heat Roadmap Europe*. https://heatroadmap.eu/resources-by-country/

Huang, Z., Yu, H., Peng, Z., & Feng, Y. (2017). Planning community energy system in the industry 4.0 era: Achievements, challenges and a potential solution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *78*(June 2016), 710–721. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.004

IEA. (2018). *The first bioenergy village in Jühnde/ Germany. Energy self sufficiency with biogas*. https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/01/biogas_village.pdf

Interreg, E. (2021). *Business concept of Eno Energy Co-operative-district heating from local sustainable forest resources The operation of Eno co-operative aims to heat local public buildings and private households using local energy wood and local employees. Eno energy co-operative is a community-based enterprise located in Eno. It was established in 1999 by 12 local forest owners. Currently the co-operative is owned by 55 local forest owners and the aim is to produce inexpensive district heat for the local comm…*. https://www.interregeurope.eu/policylearning/good-practices/item/678/business-concept-of-eno-energy-co-operative-district-heating-from-local-sustainable-forest-resources/

IPS. (2020). *Cooperativas energéticas nadan a contracorriente en México*. https://ipsnoticias.net/2020/08/cooperativas-energeticas-nadan-contracorriente-mexico/

IRENA. (2020a). Community-ownership Models. Innovation landscape brief. *Innovation Landscape Brief*, 169–178.

IRENA. (2020b). *Pay-As-You-Go Models*. 1–22.

IRENA. (2020c). Peer-to-peer electricity trading: Innovation Lanscape Brief. In *International Renewable Energy Agency: Vol. 11236 LNCS*.

IRENA Coalition for Action. (2020). *STIMULATING INVESTMENT IN COMMUNITY ENERGY: BROADENING THE OWNERSHIP OF RENEWABLES*. https://coalition.irena.org/-/media/Files/IRENA/Coalition-for-Action/IRENA_Coalition_Stimulating_Investment_in_Community_Energy_2020.pdf

Jaffe, M. (2016). *Solar gardens are growing slowly out West | SummitDaily.com*. https://www.summitdaily.com/news/solar-gardens-are-growing-slowly-out-west/

Japp, C., Fink, J., Scheineider, K., & Scheid, P. (2019). (PDF) SHARED SOLAR COOPERATIVES IN BRAZIL: CONTEXT, OVERCOMING BARRIERS AND LESSONS TO BE DRAWN FROM PREVIOUS EUROPEAN COUNTRIES EXPERIENCES. *36th EU PVSEC European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 8.

Kallista-Energy. (2021). *Kallista Energy acquires 40% of the capital of 'Windpark Krammer' in the Netherlands - Kallista Energy*. https://www.kallistaenergy.com/en/kallista-energy-acquires-40-of-the-capital-of-windpark-krammer-in-the-netherlands/

Klaassen, E., & Van Der Laan, M. (2019). *USEF White Paper Energy and Flexibility Services for Citizens Energy Communities A solid foundation for smart energy futures*.

Krammer. (2020). *Huidige productie - Windpark Krammer*. https://www.windparkkrammer.nl/

Lawrence, D. (2020). *Energía Solar Comunitaria: Participación ciudadana para la transición energética en Colombia - Blog Universidad EIA*. http://comunidad.eia.edu.co/blog/energia-solar-comunitaria-participacion-ciudadana-

para-la-transicion-energetica-en-colombia/

Lawrence, D., Ortega, S., & España, J. M. (2021). PROCESO DE CO-CREACIÓN PARA PROYECTO DE COMUNIDAD DE ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA. *Researchgate*.

LR. (2017). *Serena del Mar, proyecto urbanístico más grande de Cartagena*. https://www.larepublica.co/infraestructura/serena-del-mar-proyecto-urbanistico-mas-grande-de-cartagena-2566183

Mares, N. (2020). *Hepburn Community Wind Park Co-operative - VIC | Coalition 4 Community Energy*.

Mariaca, C. (2021). Distritos térmicos en Colombia. *10 Seminario Virtual de Eficiencia Energética*.

Márquez Marulanda, L., Manuel España, J., & Ortega Arango, S. (2020). *Creando una comunidad solar en la Comuna 13 de Medellín*. https://www.eia.edu.co/wp-content/uploads/2021/06/Una-comunidad-solar-en-la-Comuna-13-de-Medellin.pdf

Martinez, J. (2020). *Comunidad energética Archives - Sapiens*.

Matera, M. Fe. (2019). *Semana Rural | Los paneles solares que están transformando la última esquina de Colombia*. https://semanarural.com/web/articulo/movimiento-ambientalista-colombiano-instala-paneles-solares-en-la-guajira/891

Meister, T., Schmid, B., Seidl, I., & Klagge, B. (2020). How municipalities support energy cooperatives: survey results from Germany and Switzerland. *Energy, Sustainability and Society 2020 10:1*, *10*(1), 1–20. https://doi.org/10.1186/S13705-020-00248-3

Middelgrunden Windmill Cooperative – Middelgrunden. (n.d.).

Ministerio de Minas y Energía. (2020). *Reto Cultura Energética Colombia 2020*.

Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Scielo*, *28*. http://www.scielo.org.co/pdf/ring/n28/n28a12.pdf

NIST. (n.d.). *Transactive Energy: An Overview*. Retrieved August 17, 2021, from ttps://www.nist.gov/engineering-laboratory/smart-grid/hot-topics/transactive-energy-overview

PEC. (2021). *Plymouth Energy Community | Community ownership*. https://plymouthenergycommunity.com/community/community-ownership

Picchi, D., Lourenço, M., Silva, A. da, DanielNascimento, Saldanha, E., Dantas, I., & Resende, J. (2016). Learnings from Pilot Implementation of Smart City by a Brazilian Energy Utility. *Smart Cities Technologies*. https://doi.org/10.5772/65396

Promoenergia. (2015). *Energia Solar Rural | electrificación de zonas NO interconectadas en Colombia ZNI*.

Red_Genera. (2017). *Generación Solar Colectiva en Escuelas de Independencia - Red Genera*. https://red-genera.cl/portfolio-items/inversion-energetica-local/

Repsol. (2020a). *Qué es una Comunidad Solar | Repsol Solmatch*. https://solmatch.repsolluzygas.com/que-es-comunidad-solar

Repsol. (2020b). *Repsol Solmatch, el autoconsumo solar compartido | Repsol ES*.

REScoop. (2019). *EU projects - REScoop*.

Roberts, J., Frieden, D., & D'Herbemont, S. (2019). Energy Community Definitions. *COMPILE Project*, *May*. https://www.compile-project.eu/

Romero, M. del C. (2015). *BARRERAS Y OPORTUNIDADES PARA EL DESARROLLO DE COMUNIDADES ENERGÉTICAS SOSTENIBLES EN ESPAÑA. ESTUDIO COMPARATIVO CON ESTADOS UNIDOS Y ALEMANIA*.

Saavedra, C. A., Pierrard, T. R., Álvarez González, V., Garzón, D., Lasgaya, P., Álvarez González Lasgaya Dina, V., Pacheco, G., Vaz, D., Raya, M., Francisco, D., Càmara, O., & Aiguasol, M. (2020). *Coordinación técnica Edición y supervisión de imagen Equipo redactor Equipo investigador*.

Sanchez, P. (2021). *Comunidades energéticas para abastecer a escuelas y familias en Chile – pv magazine Latin America*.

Sapiens. (2020). *Comunidad Energética Local (CEL) de Albalat dels Sorells - Sapiens*. https://sapiensenergia.es/project/comunidad-energetica-albalat-dels-sorells/

Schmid, B., Meister, T., Klagge, B., & Seidl, I. (2020). Energy Cooperatives and Municipalities in Local Energy

Governance Arrangements in Switzerland and Germany. *Journal of Environment & Development*, *29*(1), 123–146. https://doi.org/10.1177/1070496519886013

Schroeder, C. (2018). *Riding the learning curve to community solar market growth: 5 keys to project success*. https://sepapower.org/knowledge/riding-the-learning-curve-to-community-solar-market-growth-5-keys-to-project-success/

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

SolarShare. (2021). *MAJURA VALLEY COMMUNITY SOLAR FARM - SolarShare*.

The_Conversation. (2020). *People power: everyday Australians are building their own renewables projects, and you can too*.

Tierra.org. (n.d.). *Comunidades energéticas: Una guía práctica pra impulsar la energía comunitaria*. https://www.tierra.org/comunidades-energeticas/

Tounquet, F., De vos, L., Abada, I., Kielichowska, I., & Klessmann, C. (2020). *ASSET STUDY on Energy Communities in the European Union*. 1–96. https://doi.org/10.2833/232112

Tounquet, F., De Vos, L., Abada, I., Kielichowska, I., & Klessmann, C. (2019). Energy Communities in the European Union - Revised final report. In *ASSET Project* (Issue May). https://asset-ec.eu/wp-content/uploads/2019/07/ASSET-Energy-Comminities-Revised-final-report.pdf

Trumbull, K., Gattaciecca, J., & DeShazo, J. R. (2020). *The Role of Community Choice Aggregators in Advancing Clean Energy Transitions : LESSONS FROM CALIFORNIA* (Issue October).

U.S. Department of Energy (DOE). (2012). *Community Wind Benefits*. https://doi.org/10.1002/we.124/abstract

Udalbitza. (2020). *Gares / Puente La Reina: Energía — Hartueman*. https://www.udalbiltza.eus/es/hartueman/gares-energia

UE. (2020a). *El impacto de los distritos térmicos en las grandes ciudades del mundo - Distrito energetico*.

UE. (2020b). *PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA*. 427.

UKERC. (2020). *Financing community energy case studies: Edinburgh Community Solar Cooperative | UKERC | The UK Energy Research Centre*.

UNDP. (2020). *Vanuatu launches country's first-ever community-run solar power station | UNDP in the Pacific*.

USAID. (2020). *AMB - Energía para la Paz*. https://www.usaid.gov/es/news-information/fact-sheets/env-energy-peace-activity

VEDanmark. (2015). *Programa Comuna Energética | Chile*.

Verde, S., & Rossetto, N. (2020). *THE FUTURE OF RENEWABLE ENERGY COMMUNITIES IN THE EU*.

Verge. (2020). *Virtual power plants are coming to California apartment buildings - The Verge*. https://www.theverge.com/2020/8/27/21403271/virtual-power-plants-california-apartment-buildings-solar-energy

WSL. (2018). *Energy cooperatives: renewable energy thanks to strong local roots - WSL*. https://www.wsl.ch/en/news/2018/11/fostering-renewable-energy-with-energy-cooperatives.html

ZEZ. (2018). *Energy cooperatives Comparative analysis in Eastern Partnership countries and Western Balkans*. http://www.wecf.org/wp-content/uploads/2018/06/EnergyCoops_LongOnline.pdf

Zhang, C., Wu, J., Long, C., & Cheng, M. (2017). Review of Existing Peer-to-Peer Energy Trading Projects. *Energy Procedia*, *105*, 2563–2568. https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.03.737

Colombia inteligente

Red colaborativa para habilitar y acelerar la transformación del sector eléctrico

Datos de contacto
Teléfono: +(574) 444 12 11 ext.190 - 171 - 117
Dirección: Carrera 46 # 56 – 11, Edf. Tecnoparque Piso 13
Medellín – Colombia
e-mail: difusión@colombiainteligente.org
Página Web: www.colombiainteligente.org
Twitter: @colombiaintelig