

FONDOS DE INVERSIÓN CLIMÁTICA
PLAN DE INVERSIONES BAJO EL PROGRAMA DE
INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES PARA COLOMBIA

Octubre 2022

Tabla de contenidos

I. Resumen de la propuesta.....	4
II. Contexto del país.....	7
Estado actual de los sistemas de generación y transmisión de energía	9
Estrategias y planes climáticos nacionales e internacionales, incluida la NDC.....	10
Análisis de brechas/barreras; evaluación de necesidades.....	13
III. Contexto de integración de energía renovable.....	16
Visión general de los sectores energético y eléctrico	16
Análisis detallado del portafolio de generación renovable del país	18
Estrategias nacionales de energía con bajas o cero emisiones de carbono	21
Marco y capacidad institucional.....	22
Papel del sector privado, innovación y apalancamiento de recursos.....	23
Actividades complementarias de otros cooperantes para el desarrollo	24
IV. Descripción del programa	26
Tipos de tecnologías habilitadoras.....	29
V. Plan e Instrumentos de Financiamiento	32
Presupuesto solicitado para inversión	32
Costos y fuentes de financiamiento.....	33
VI. Actividades adicionales de desarrollo.....	34
Actividades paralelas que serán financiadas por otros cooperantes para el desarrollo	34
VII. Potencial de implementación y evaluación de riesgos	36
Capacidad de absorción para el Programa REI y las inversiones asociadas.....	40
VIII. Seguimiento y evaluación	40
Análisis de sistemas energéticos completos	41
Impactos anticipados a nivel de programa	41
Marco integrado de resultados.....	42
Seguimiento y evaluación de los aspectos de cambio transformacional, transición justa e inclusión	44
ANEXOS	46
ANEXO I. Evaluación de la capacidad de absorción del país para las actividades de integración	46
ANEXO II. Consultas con las partes interesadas.....	50
ANEXO III. Beneficios colaterales para el desarrollo.....	54
ANEXO IV. Actividades existentes en el ámbito de la energía renovable	56
ANEXO V. Resumen del concepto de inversión del componente del Plan de Inversiones.....	61
ANEXO VI. Reglamentación en apoyo a la integración de las FNCER.....	73
REFERENCIAS.....	75

Acrónimos y abreviaturas

AT:	Asistencia Técnica
AI:	Inteligencia Artificial (<i>Artificial Intelligence</i>)
AMI:	Infraestructura de medición avanzada (<i>Advanced Metering Infrastructure</i>)
BM:	Banco Mundial
BMD:	Banco Multilateral de Desarrollo
BND:	Banco Nacional de Desarrollo
BAU:	Continuar con lo habitual (<i>Business as Usual</i>)
BID:	Banco Interamericano de Desarrollo
CxC:	Cargo por Confiabilidad
CCUS:	Captura, uso y almacenamiento de carbono (<i>Carbon Capture, Use and Storage</i>)
CIF:	Fondos de Inversión Climática (<i>Climate Investment Funds</i>)
CMNUCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CREG:	Comisión de Regulación de Energía y Gas
DER:	Recursos Energéticos Distribuidos (<i>Distributed Energy Resources</i>)
DFACTS:	Sistemas flexibles distribuidos de transmisión de CA (<i>Distributed Flexible AC Transmission Systems</i>)
DNP:	Departamento Nacional de Planeación
EI:	Entidad implementadora
ER:	Energías Renovables
FNCER:	Fuente No Convencional de Energía Renovable
FACTS:	Sistemas flexibles de transmisión de CA (<i>Flexible AC Transmission Systems</i>)
FENOGE:	Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía
FV:	Fotovoltaico
GEI:	Gases de efecto invernadero
GBM:	Grupo Banco Mundial
GBID:	Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo
GdC:	Gobierno de Colombia
H2:	Hidrógeno
H2V:	Hidrógeno verde
ICEV:	Vehículo con motor de combustión interna (<i>Internal Combustion Engine Vehicle</i>)
IFC:	Corporación Financiera Internacional
IPSE:	Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas
IRENA:	Agencia Internacional de Energías Renovables
LAC:	Latinoamérica y el Caribe
MADS:	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MHCP:	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
MME:	Ministerio de Minas y Energía
NAMA:	Acción Nacional de Mitigación Apropriada
NSP:	Proyecto de apoyo NAMA
OCDE:	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS:	Objetivo de Desarrollo Sostenible
OEF:	Obligaciones de Energía Firme
ONU:	Organización de Naciones Unidas
PI:	Plan de Inversiones

PIB:	Producto Interno Bruto
REI:	Integración de energía renovable (<i>Renewable Energy Integration</i>)
SICEP:	Sistema Centralizado de Información de Convocatorias Públicas
SIEPAC:	Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central
SIN:	Sistema Interconectado Nacional
SINEA:	Sistema de Interconexión Eléctrica Andina
STATCOM:	Compensador síncrono estático
UPME:	Unidad de Planeación Minero Energética
VE:	Vehículo Eléctrico
ZNI:	Zonas No Interconectadas

Borrador

I. Resumen de la propuesta

Objetivos

El Plan de Inversiones (PI) para Colombia bajo el Programa de Integración de Energía Renovable (REI) de los Fondos de Inversión Climática (CIF) tiene por objetivo apoyar la transición energética justa del país, proporcionando financiamiento en condiciones favorables y asistencia técnica no reembolsable. Con el ánimo de realizar transformaciones de fondo creando capacidades nacionales para enfrentar la crisis climática y sus impactos en la sociedad, los ecosistemas y la biodiversidad. Esto implica transitar hacia una economía productiva basada en el respeto a la naturaleza, dejando atrás la dependencia del modelo extractivista y democratizando el uso de energías limpias y la generación eléctrica. En este sentido, específicamente, el PI apoyará: i) el desarrollo de comunidades energéticas¹ hacia el estallido solar a través de esquemas asociativos comunitarios y populares, promoviendo la electrificación rural con fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER) para lograr el acceso universal a la electricidad a 2030, impulsando en el territorio el desarrollo y la inclusión de las economías populares² y reduciendo el consumo de diésel en las zonas no interconectadas (ZNI); ii) el refuerzo de redes de transmisión o su expansión para la integración de nuevas capacidades de generación con FNCER, además del despliegue de infraestructura de medición avanzada (AMI) como habilitador de la democratización del sector eléctrico, sistemas de almacenamiento de energía con baterías y otras tecnologías que aumenten la flexibilidad general de la red; iii) la electrificación del sector transporte, permitiendo el acceso equitativo a sistemas de transporte público masivo limpios y eficientes, así como la renovación de vehículos de transporte de carga y el desarrollo de la infraestructura requerida, y iv) el despliegue de nuevas tecnologías, como las asociadas al hidrógeno verde (H2V) para la electrificación indirecta y la descarbonización de los sectores de industria y transporte, la eólica costa afuera, y las tecnologías que aprovechan la energía de los mares para contribuir a la diversificación de la matriz nacional de generación y la entrada de nuevos agentes al mercado. Estas intervenciones tendrán un énfasis en democratización mediante la promoción de las alianzas público, privadas y populares donde las comunidades y las economías populares tengan participación activa en la transición energética del país.

¹ Se definen como agrupaciones sociales que podrán generar su propia electricidad con fuentes de energía renovable y venderla al sistema, propiciando así la democratización del sector eléctrico más allá de las corporaciones o empresas privadas, para llegar a las comunidades y las economías populares en los territorios. Esquemas de cooperativas, organizaciones sociales, comunidades solidarias, redes y familias que producen bienes y servicios, y organizan el trabajo de su comunidad promoviendo la igualdad, la solidaridad y el desarrollo social con cuidado del medio ambiente, son formas que buscarán ser propiciadas en el marco del acceso a la energía y su uso productivo, amparadas por un estallido solar que permitirá el acceso masivo de los usuarios a esta abundante fuente de energía limpia.

² Las economías populares comprenden el conjunto de trabajos realizado por las personas para garantizar la reproducción social y biológica de sus hogares y comunidades, mediante la generación de ingresos derivados de actividades de producción, distribución y comercialización de bienes y servicios, principalmente en mercados locales, así como a través de procesos comunitarios históricamente organizados. La mayoría de trabajadores y trabajadoras de la economía popular se desempeña por cuenta propia, en unidades productivas de baja escala de personal (unidades familiares, micronegocios o microempresas), con diversas relaciones laborales y formas organizativas (asociaciones, cooperativas, mutuales, organizaciones comunitarias, empresas, sociedades). La economía popular participa en todos los sectores de la economía, en áreas rurales y urbanas, y a ella recurren la mayoría de trabajadores y trabajadoras del país. Los trabajadores y trabajadoras que hacen parte de estas economías en su mayoría no son asalariados ni son reconocidos por el Estado como trabajadores, por tanto, carecen de derechos sociales y económicos asociados al trabajo y por ende están excluidos del contrato social. (Chena, 2017; Gago, 2021, Giraldo, 2017)

El presupuesto CIF-REI para Colombia será de hasta US\$70 millones en cofinanciamiento, que se espera movilice aproximadamente US\$230 millones provenientes de bancos multilaterales de desarrollo, bancos nacionales de desarrollo (Bancóldex y FDN), mercados de financiamiento de carbono y los sectores público y privado. El apoyo de CIF-REI jugará un papel fundamental en la aceleración de la transición energética en Colombia y las contribuciones del sector para lograr los compromisos del país bajo su Contribución Nacional Determinada (NDC) revisada, que tiene como objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en un 51 %, con respecto al escenario *business as usual* (BAU) para 2030.

Resultados previstos

El financiamiento y la asistencia técnica del programa CIF-REI proporcionarán financiamiento de bajo costo para tecnologías y modelos de negocio que aún no son comercialmente viables o ampliamente implementados en Colombia y permitirán el apalancamiento de importantes recursos adicionales por parte de los sectores público y privado que habilitarán:

- Aumentar el acceso confiable a servicios modernos de electricidad para 16.700 usuarios, a través de más de 11,6 MW de generación basada en FNCER en ZNI, impulsando el estallido solar a través de comunidades energéticas y el desarrollo y la inclusión de las economías populares en los territorios.
- Lograr reducciones en las emisiones de CO₂ de las actividades de producción y consumo de energía.
- Contribuir a la reducción de los costos totales del sistema eléctrico nacional, que se estima en un ahorro del orden de US \$ 42 millones para 2030, gracias al despliegue de AMI para el 75% de usuarios del Sistema Interconectado Nacional (SIN). Para esto se espera llegar con este PI a al menos 278.300 de un total de 12,3 millones de usuarios que se convertirán en potenciales prosumidores³.
- Adicionalmente, podrán obtenerse reducciones en costos del sistema asociados a transmisión, capacidades de almacenamiento de energía y otros beneficios asociados al desarrollo de infraestructura que brinde flexibilidad a la red.
- Impulsar la electromovilidad mediante el despliegue de estaciones de carga rápida y semi-rápida, y cofinanciamiento de flotas de VE que contribuyan al logro de la meta de 600.000 VE para 2030⁴, incluyendo las categorías tanto de transporte urbano como de transporte público intermunicipal e interdepartamental.
- Promover el despliegue de capacidades de producción de H₂V, así como destinar donación para inversión por US\$2 millones a FENOGE que movilizará recursos adicionales no reembolsable por al menos US\$2,7 millones para apoyar estudios de prefactibilidad, factibilidad e implementación de proyectos pilotos en H₂V, eólica costa afuera y diferentes tecnologías que aprovechen la energía de los mares.

³ Consumidor de un producto o un servicio que al mismo tiempo participa en la producción del mismo (en este caso, energía eléctrica).

⁴ El artículo 9 de la Ley 1964 de 2019 sobre la promoción de vehículos eléctricos requiere que los municipios de categoría especial instalen al menos 5 estaciones de carga rápida para 2022, y que al menos 20 estaciones de carga de este tipo se instalen en la ciudad de Bogotá, de las cuales, a mayo de 2022 solo se han desplegado 7 (5 en Bogotá y 2 en Medellín). Dichas estaciones deben ser para uso del público en general.

- Movilizar aproximadamente US\$230 millones en capital público y privado para financiar inversiones destinadas a desarrollar iniciativas elegibles dentro de las categorías de proyectos cubiertos por este PI.
- Apalancar más de US\$3 millones por cada US\$1 millón de recursos concesionales CIF-REI.

Criterios, prioridades y presupuesto del programa

La preparación de este PI para Colombia fue liderada por el Ministerio de Minas y Energía (MME), contando con contribuciones del Departamento Nacional de Planificación (DNP) y el Ministerio de Hacienda (MHCP), y el apoyo del Grupo del Banco Interamericano de Desarrollo (GBID), el Banco Mundial (BM) y la Corporación Financiera Internacional (IFC). A través del proceso de preparación del PI, el Gobierno de Colombia (GdC) identificó temáticas prioritarias a ser apoyadas para la integración de las FNCER en el sistema energético colombiano, abarcando un amplio análisis, así como un proceso de consulta con una amplia gama de agencias gubernamentales, el sector privado, la sociedad civil y la academia. También se realizaron diálogos entre expertos en materia de estrategias de inclusión social y de género, entre el BID y las posibles entidades implementadoras (EI). Además, siguiendo los criterios del CIF y en coordinación con sus puntos focales de género, el BID viene trazando un mapa relevante de las organizaciones de la sociedad civil (OSC) relacionadas con el tema de género, y los grupos y organizaciones de mujeres y OSC que representan a grupos vulnerables⁵, esperando contar con resultados consolidados al iniciar la preparación de las operaciones a ser amparadas bajo el programa.

El PI comprende potenciales proyectos dentro de las cuatro categorías definidas por el Programa CIF-REI, priorizados por el Gobierno de Colombia⁶ (GdC), con la asistencia y el apoyo de los BMD, de la siguiente manera:

- **Escalamiento de tecnologías habilitantes para energías renovables:** promover la masificación de la infraestructura de medición avanzada (AMI), facilitando el surgimiento de prosumidores y / o el despliegue de sistemas de almacenamiento de energía con baterías, y otras tecnologías que mejoran la flexibilidad del sistema eléctrico. Impulsar la implementación de tecnologías para la electrificación del transporte, a través del despliegue de infraestructura de carga de VE y / o la adquisición de VE, incluidos automóviles, camiones, autobuses, al igual que trenes, tranvías o sistemas metro. Igualmente, apoyar la producción, almacenamiento y uso de hidrógeno verde (H2V) como e-combustible⁷ en el sector transporte y en diversas aplicaciones térmicas, aportando a la absorción de energía proveniente de fuentes variables como la solar y la eólica.
- **Mejora de infraestructura para alistamiento de energías renovables:** desarrollar infraestructura de conexión hoy en día faltante o actualizar las capacidades actuales de

⁵ Además de estas OSC, se podrán incluir instituciones como el Departamento Nacional de Planificación (DNP) y el Ministerio de Minas y Energía (MME), entre otros.

⁶ Resumen CIF-REI. Tabla 1.

⁷ Los combustibles electrónicos o e-combustibles, también denominados combustibles sintéticos, son combustibles de cero emisiones producidos a partir de electricidad generada con fuentes de energía renovables y el proceso de electrólisis para producir hidrógeno verde que luego se puede convertir en amoníaco, metanol u otros compuestos, haciendo uso, por ejemplo, de CO2 capturado del medio ambiente o de algún proceso industrial.

transporte en redes de transmisión, para acomodar la entrada de energías renovables, así como apoyar proyectos de interconexión que han de reducir futuros no-despachos de energía variable, e incrementar las áreas de balance de la red.

- **Apoyo a la innovación en energías renovables:** apoyar esquemas innovadores que permitan el suministro de energía confiable a través de FNCER en las ZNI, involucrando la participación del sector privado y un rol activo de los usuarios beneficiarios, a través de nuevos modelos de negocio. Estos modelos promoverán esquemas asociativos y de alianzas público-populares donde las comunidades tengan un rol activo en el desarrollo e implementación de los proyectos, y puedan percibir beneficios más allá de contar con un servicio de energía eléctrica.
- **Mejora en el diseño y operación del sistema y democratización del mercado:** fomentar la participación y la asociación entre comunidades, economías populares y empresas con experiencia en el desarrollo y operación de soluciones para garantizar el acceso a los servicios de electricidad a través de la asignación eficiente de subsidios, bajo costo para los usuarios, y niveles de calidad y confiabilidad aceptables. De la misma manera se busca apoyar proyectos que representen la inclusión de nuevos actores al mercado, especialmente en el segmento de generación.
- **Promoción de una Transición energética justa:** Democratizar la generación de la energía, buscando que haya más actores comunitarios, de las economías populares y empresariales generando energía, sobre todo en las regiones más apartadas, así como que la Distribución y la Comercialización beneficien a los usuarios considerando los aspectos de cobertura, calidad y tarifas. Así mismo, se busca promover la autogeneración y la gestión eficiente de la energía en los hogares colombianos y en la industria colombiana y poder percibir la energía como un bien común, con particular atención de suministro a regiones y poblaciones vulnerables.

Los proyectos elegibles deberán: (i) justificar la necesidad de recursos concesionales, (ii) demostrar contribuciones a la reducción de las emisiones de GEI y al logro de una transición energética justa e inclusiva en términos de igualdad de género y participación de comunidades vulnerables (siempre que sea posible), y (iii) demostrar potencial para generar un cambio transformacional y un impacto positivo en términos de la promoción a la integración de FNCER y al desarrollo sostenible.

El PI propuesto requiere una asignación presupuestal del programa CIF-REI por US\$70 millones, US\$66,5 millones de los cuales corresponderán a financiamiento concesional y US\$3,5 millones a asistencia técnica no reembolsable. Los recursos de cofinanciación CIF-REI serán canalizados a través de, y ejecutados por, bancos nacionales de desarrollo (BND), que en la mayoría de los casos realizarán préstamos directamente a promotores de proyectos públicos o privados, para proyectos que cumplan con los criterios de elegibilidad CIF-REI. La asistencia técnica (AT) no reembolsable apoyará el programa +H2 Colombia ejecutado por FENOGÉ, proporcionando cofinanciamiento tanto para estudios de prefactibilidad y factibilidad de proyectos como para pilotos de H2V.

II. Contexto del país

En los últimos 20 años, Colombia ha tenido importantes avances en materia de progreso económico y social, convirtiéndose en una economía de ingresos medios altos y en miembro de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). Sin embargo, la pandemia del COVID-19 tuvo un fuerte impacto económico y social, lo que llevó a una reducción en el ingreso de las personas y un aumento en la tasa de desempleo. El Producto Interno Bruto (PIB) se contrajo en 6,8% en 2020, siendo esta la peor caída en la historia del país. La pobreza aumentó de 35,7% en 2019 a 42,5% en 2020, mientras que la pobreza extrema aumentó de 9,6% a 15,1%. El déficit fiscal aumentó al 7,8% del PIB y la deuda al 64,8% del PIB.

La reapertura de la economía tras la pandemia y el progreso en el esquema de vacunación (más del 70% de la población ha sido completamente vacunada)⁸ han contribuido a la recuperación económica. En 2021, la economía creció 10,6%⁹ y el desempleo se redujo al 13,7% (recuperando más del 90% de los empleos perdidos durante la pandemia). El déficit fiscal en 2021 fue de 7,1% del PIB y la deuda bruta fue de 63,8% del PIB. No obstante, la recuperación afectó la tasa de inflación, que alcanzó el 8,53% en febrero de 2022, superando el objetivo del 3%, y provocando aumentos de las tasas de política monetaria.

La "Política para la reactivación, la repotenciación y el crecimiento sostenible e incluyente" del Gobierno de Colombia (CONPES 4023/21) define un amplio conjunto de medidas y programas de inversión destinados, en el corto plazo, a apoyar la recuperación económica del país a su nivel de crecimiento anterior a la COVID-19, al tiempo que se realiza la transición hacia un crecimiento más sostenible y resiliente en el largo plazo. Las medidas identificadas tienen un costo estimado de COP\$135.000 billones (US\$33,6 mil millones)¹⁰ en inversiones (12,5% del PIB) a ser realizadas en el periodo 2021-2026, en asocio con el sector privado. Se espera que estas inversiones creen 2 millones de puestos de trabajo y apoyen a los hogares y empresas vulnerables de una manera sostenible e inclusiva. Un elemento crítico de este plan corresponde con la ambiciosa agenda para el desarrollo de infraestructuras en los sectores de energía y transporte, que contribuirá a acelerar la transición del país hacia una senda de crecimiento con bajas emisiones de carbono, incluyendo la transición energética y la descarbonización del sector transporte, con inversiones estimadas en el orden de US\$4.700 millones.

Es compromiso del nuevo Gobierno desarrollar una transición energética justa, no solo basada en una transformación tecnológica, sino en un cambio de las relaciones sociales y económicas de producción de la energía. Bajo este esquema, se plantea el desarrollo de comunidades energéticas, como agrupaciones sociales que podrán generar su propia electricidad con fuentes de energía renovable y vender el excedente al sistema en caso que éste exista o almacenar la energía para incrementar el tiempo del suministro, propiciando así la democratización del sector eléctrico más allá de las corporaciones o empresas privadas, para llegar a las comunidades y las economías populares en los territorios. Esquemas de cooperativas, organizaciones sociales, comunidades solidarias, redes y familias que producen bienes y servicios, y organizan el trabajo de su comunidad promoviendo la igualdad, la solidaridad y el desarrollo social con cuidado del medio ambiente, son formas que buscarán ser propiciadas en el marco del acceso a la energía y su uso productivo,

⁸ Cifras tomadas de *Our World in Data* y de acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social, disponible en: <https://vacunacoronavirus.canalinstitucional.tv/l>.

⁹ Producto Interno Bruto (PIB), [DANE](#).

¹⁰ Utilizando una tasa de cambio de 4.019 COP/US\$, correspondiente a la tasa promedio de mayo de 2022.

amparadas por un estallido solar que permitirá el acceso masivo de los usuarios a esta abundante fuente de energía.

Estado actual de los sistemas de generación y transmisión de energía

La capacidad instalada de generación eléctrica en Colombia a enero de 2022 es de 17.761 MW, de los cuales el 67,3% son centrales hidroeléctricas, el 30,7% corresponde a plantas basadas en combustibles fósiles (principalmente gas natural, seguido de carbón y combustibles líquidos), el 1,2% a plantas de biomasa, el 0,8% a solar FV, y el 0,1% a plantas eólicas.¹¹ La generación de electricidad en 2021 fue de 74.116,91 GWh, lo que representó un crecimiento de 5,51% con respecto a 2020. En el período 2012 – 2021, la energía hidroeléctrica suministró un promedio del 76% de la generación del país, seguida por la basada en combustibles fósiles con el 23% y las FNCER con tan solo el 1%. El mercado eléctrico general de Colombia comprende 96 empresas de generación, 16 empresas de transmisión, 137 proveedores minoristas de electricidad registrados y 28 empresas de distribución activas¹².

El SIN cuenta con 28.448 km. de líneas de transmisión que interconectan 229 plantas de generación eléctrica con los usuarios finales del sistema a través de redes de distribución. Esta infraestructura se divide en el Sistema de Transmisión Nacional (STN) que incluye todas las redes en niveles de tensión de 220 kV o superior, y el Sistema de Transmisión Regional (STR) que incluye líneas entre 57,5 y 220 kV. El SIN fue diseñado para transportar energía de las plantas de generación tradicionales (combustibles hidráulicos y fósiles), que se encuentran principalmente en las regiones central y noroeste del país.



Figura 1. Áreas correspondientes al SIN y las ZNI en Colombia

¹¹ Basado en cifras actualizadas hasta el 31 de enero de 2022 en la plataforma PARATEC de XM: <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/generacion.aspx?q=capacidad>

¹² Cifras al 31 de enero de 2022 en la plataforma PARATEC de XM: <http://paratec.xm.com.co/paratec/SitePages/caracteristicas.aspx?q=numero>

Las áreas que no hacen parte del SIN se conocen como las ZNI, siendo estas las áreas en donde viven la mayoría de los más de 400.000 usuarios sin acceso al servicio de electricidad. Las ZNI tienen aproximadamente 229.000 usuarios, que son atendidos a través de minirredes centralizadas con generación diésel que totalizan una capacidad de 269 MW (aprox. 204.000 usuarios), y en otros casos a través de soluciones individuales solares fotovoltaicas que suman aproximadamente 20 MW, más otras soluciones con energías renovables que suman unos 5 MW, incluyendo mini redes híbridas con capacidad solar FV, pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, aprovechamientos de biomasa y de residuos sólidos municipales (aproximadamente 25.000 usuarios)^{13,14}. Una prioridad clave en la política de transición energética justa en Colombia es lograr el acceso universal a la electricidad para 2030, en línea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) No. 7 de la ONU, y propiciar modelos de empoderamiento de las comunidades en torno a la producción y uso productivo de la energía generada a partir de FNCER.

Estrategias y planes climáticos nacionales e internacionales, incluida la NDC

Las metas de reducción de GEI de Colombia son consideradas como algunas de las más ambiciosas en la región de América Latina y el Caribe¹⁵. La NDC actualizada del país fue presentada en 2020 y establece el objetivo de reducir las emisiones nacionales en un 51% para 2030, en comparación con la línea base esperada. Esto representa una reducción total de 169,4 MtCO₂ de las emisiones respecto al escenario BAU para tal año¹⁶. Colombia también se ha comprometido a alcanzar la neutralidad de carbono para 2050, para lo cual ha empezado por adoptar una Estrategia Climática a Largo Plazo E2050 para cumplir con los Compromisos del Acuerdo de París.

La política nacional de adaptación al cambio climático en Colombia comenzó a ganar relevancia en 2010, en respuesta a la entonces creciente concientización en la materia y los efectos locales devastadores sufridos a raíz de fuertes lluvias en 2010 (ciclo de La Niña¹⁷). En los últimos cinco años, Colombia se ha comprometido con fuertes políticas de gestión ambiental e inclusión social, a través de la promulgación de:

- **Una Política Nacional de Cambio Climático (PNCC, 2017).** El PNCC, adoptado en 2017, estableció una hoja de ruta para incluir la gestión del cambio climático en la toma de decisiones de los sectores público y privado. El PNCC tiene cinco áreas estratégicas: i) desarrollo rural; ii) desarrollo urbano; iii) minería y energía; iv) infraestructura estratégica; y v) gestión y conservación de ecosistemas. La política identifica acciones a ser desarrolladas en cada área estratégica para fomentar el desarrollo tecnológico y mejorar los procesos de producción que son bajos en GEI y / o pueden adaptarse de mejor manera a los efectos del cambio climático.
- **La Ley de Cambio Climático (LCC o Ley 1931 de 2018) crea un marco institucional para la toma de decisiones y directrices para la planificación y gestión integral frente a esta problemática.** Por ejemplo, establece principios institucionales y áreas de autoridad a nivel nacional y

¹³ Fuente: La República <https://www.larepublica.co/economia/demanda-de-energia-electrica-en-zonas-no-interconectadas-ha-incrementado-25-9-3227491>

¹⁴ Fuente: Portafolio <https://www.portafolio.co/economia/infraestructura/miles-de-hogares-en-zonas-remotas-de-colombia-ya-tienen-energia-558590> 2021

¹⁵ *Climate and Clean Air Coalition* <https://www.ccacoalition.org/en/news/colombia%E2%80%99s-ndc-increases-its-2030-climate-change-ambition-and-integrates-new-targets>

¹⁶ El NDC inicial tenía un objetivo de reducciones del 20% para 2030.

¹⁷ La Niña es un fenómeno oceánico y atmosférico que causa efectos extensos en el clima en todo el mundo, afectando con fuertes lluvias e inundaciones la región central de los Andes en Sur América.

subnacional, así como órganos de participación (Consejo Nacional de Cambio Climático); crea Planes Integrales Regionales y Sectoriales, y ordena la creación de un Sistema Nacional de Información frente al Cambio Climático.

- **Estrategia para la implementación de la Agenda de Desarrollo Sostenible de Colombia (CONPES 3918/18).** Estableció las bases para posteriores marcos estratégicos a nivel nacional y subnacional, como son la Política de Crecimiento Verde (2018), los Planes de Desarrollo Regional (2020-2024) y el PND 2018-2022. Este documento también se ha convertido en una política gubernamental a largo plazo. Identifica áreas prioritarias para cumplir con los ODS a 2030 y establece 156 indicadores, metas específicas e instituciones responsables. En un horizonte de 15 años, establece objetivos para lograr la cobertura universal de electricidad; aumentar el número de vehículos eléctricos (VE) de 1.695 a 600.000; aumentar el número de áreas terrestres protegidas en un 28%; reducir la brecha de ingresos mensuales entre hombres y mujeres en un 2,6%; y aumentar la tasa de reciclaje en un 9%.
- **La Política de Crecimiento Verde de Colombia orienta las acciones relacionadas con el crecimiento sostenible (CONPES 3934/18).** Su objetivo es aumentar la productividad y la competitividad económica a través del uso sostenible del capital natural. Identifica la necesidad de: i) crear condiciones que fomenten nuevas oportunidades económicas basadas en la riqueza de capital natural de Colombia; ii) fortalecer los mecanismos para optimizar el uso del capital natural y de la energía en su producción y consumo; iii) promover el crecimiento verde fortaleciendo la capacidad de la ciencia, la tecnología y la innovación; y iv) mejorar la coordinación interinstitucional, la gestión de la información y el financiamiento para implementar las mediciones de la política.
- **El PND 2018-2022 "Pacto por la Sostenibilidad: Producir conservando y conservar produciendo".** Busca lograr un equilibrio entre el desarrollo productivo y la conservación del medio ambiente para impulsar nuevas oportunidades económicas y salvaguardar los recursos naturales para las generaciones futuras. Sus principales objetivos consistieron en reducir las emisiones de GEI en 36 MtCO_{2e}, reducir la deforestación en un 30%, duplicar la superficie terrestre con sistemas de producción sostenible a 1,4 millones de hectáreas, aumentar la tasa de participación de las mujeres en los servicios de extensión agrícola al 30%, la transición al transporte sostenible e implementar la Estrategia Nacional de Economía Circular. Está previsto que el nuevo Gobierno emita un PND 2022-2026 hacia el primer semestre de 2023. También, el nuevo PND del gobierno del Presidente Gustavo Petro intensificará los esfuerzos en la transición energética a través de planes, programas y proyectos enfocados en el uso responsable y sostenible de los recursos renovables y la participación de la sociedad. Estos esfuerzos quedarán plasmados en la Ley de transición energética.

Otros logros relevantes alineados con las acciones de cumplimiento de la NDC corresponden con los presentados en Tabla 1:

Tabla 1. Otros logros relevantes hacia el cumplimiento de la NDC

Logro	Comentario
Ley 2169 de 2021 de Ley de Acción Climática	Adoptó como mandato legal los objetivos de mitigación del cambio climático, incluidas la reducción en emisiones de GEI en 51% para 2030, una reducción de emisiones de carbono negro en 40% para ese mismo año en comparación con los niveles de 2014, la reducción de la deforestación de los bosques

(diciembre de 2021)	naturales a 0 Ha / año para 2030, el establecimiento de presupuestos de carbono para 2020-2030 a más tardar en 2023 y el logro de la neutralidad de carbono para 2050. Sobre la base de las acciones y responsabilidades definidas dentro de dicha ley, se debe formular e implementar un plan de acción a corto plazo para la Estrategia Nacional de Financiamiento climático para 2025, y los Mercados de Carbono se analizarán y fortalecerán aún más, continuando desarrollando un Sistema de Comercio de Emisiones (ETS) que debería implementarse completamente para 2030 (el denominado Programa Nacional de Cupos Transables de Emisión de Gases de Efecto Invernadero – PNCTE que está en desarrollo).
Estrategia climática a largo plazo para cumplir con los compromisos del Acuerdo de París E2050 (mayo de 2021)	Definió 9 objetivos básicos, incluida la diversificación de la matriz energética, y 50 opciones de transformación, dentro de las cuales las relacionadas con el sector energético incluyen la autogeneración con energías renovables, la electrificación de la economía, la mejora de la eficiencia energética, la promoción de los recursos energéticos distribuidos (DER), las redes inteligentes y las energías limpias en el transporte. Los otros 8 objetivos centrales incluyen la generación de conocimientos relacionados con el clima, la gestión integral de la biodiversidad, la producción y el consumo sostenibles, la transición justa de la fuerza laboral, el desarrollo rural, marino y costero, las ciudades-regiones con desarrollo urbano integral, la infraestructura de movilidad sostenible y el aumento de la adaptabilidad de la población y del sistema de salud.
Estrategia Colombiana de Carbono Neutral - ECCN (Abril 2021)	La iniciativa liderada por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), promueve el empoderamiento de la acción contra el cambio climático y la participación de los sectores público, privado y de la sociedad civil, asumiendo voluntariamente compromisos de reducción de emisiones para contribuir a los objetivos de la NDC a 2030.

Situación actual y contribución prevista del sector energético al objetivo de la NDC. El monitoreo de la reducción progresiva de emisiones lograda por Colombia desde la adopción del Acuerdo de París se realiza a través de informes de actualización bienales presentados a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCC), el último de los cuales se emitió en marzo de 2022 presentando las cifras de emisiones producidas a 2018 (BUR 3 de Colombia)¹⁸. Según este último informe, el sector energético en Colombia es responsable de aproximadamente 33,29% del total de las emisiones nacionales de GEI (aprox. 92,9 MtCO₂eq a 2018), mientras que los planes sectoriales apuntan a reducir 11,2 MtCO₂eq para 2030. Este objetivo de reducción representa aproximadamente un 9% frente a las emisiones del escenario BAU para el sector energético en ese año. Se espera así que la mayor contribución a la consecución de estos objetivos de reducción proceda de la generación de electricidad (esperando reducir 7,73 MtCO₂eq/año frente a las 8,3 MtCO₂eq/año producidas en 2018). También se espera lograr reducciones adicionales a partir de aquellas asociadas con fuentes fugitivas (1,71 MtCO₂eq), eficiencia energética (1,44 MtCO₂eq), y gestión de la demanda (0,32 MtCO₂eq). Por tanto, la descarbonización de la matriz de generación

¹⁸ Gobierno de Colombia (2022).

de electricidad se vuelve crucial para cumplir con los objetivos de reducción de emisiones, y la Transición Energética juega un papel clave en el logro de dicho objetivo.

Análisis de brechas/barreras; evaluación de necesidades

Colombia ocupa actualmente el puesto 29 entre 115 países que conforman el Índice de Transición Energética del Foro Económico Mundial, superado en ALC solo por Uruguay y Costa Rica ¹⁹. Sin embargo, todavía existen barreras para el suministro de energía limpia, segura y confiable, y resulta necesario reducir estas brechas para acelerar la transición y alcanzar los objetivos de reducción de emisiones de GEI para 2030 y descarbonización completa para 2050.

En 2022, el documento de Política de Transición Energética (CONPES 4075/22) identificó cuatro desafíos/barreras estratégicas que aún requieren ser abordados, a pesar de los importantes avances políticos, regulatorios y de infraestructura logrados hasta el momento, especialmente en cuanto a la incorporación de las FNCER en la matriz energética y los logros en la transición hacia un transporte sostenible. Esos desafíos incluyen:

- **Seguridad energética:** el país enfrenta desafíos para satisfacer su demanda de energía de una manera confiable, segura y eficiente. Tales desafíos se relacionan con: i) un uso ineficaz de los recursos energéticos, lo cual se viene abordando a través de programas de eficiencia energética, y ii) brechas en el fortalecimiento y planificación de los mercados de energía, para lo cual la CREG planea introducir reformas de mercado. A pesar de que la matriz eléctrica de Colombia es relativamente limpia, con más del 70% de su generación proveniente de energía hidroeléctrica y FNCER, en la matriz energética general las fuentes fósiles aún representan el 76% de la demanda, por lo que resultan necesarios esfuerzos adicionales para electrificar buena parte de la economía e implementar el uso de fuentes de energía de cero y bajas emisiones que sustituyan el consumo de combustibles fósiles.
- **Conocimiento e innovación:** i) el progreso del país es bajo en los campos de digitalización, análisis de datos y gestión del conocimiento para lograr eficiencia en la adopción e integración de nuevas tecnologías en el sector energético. ii) Si bien en 2021 se publicó la hoja de ruta de hidrógeno para Colombia, el deseo de una rápida evolución de los lineamientos y las estrategias para promover el desarrollo y el uso del hidrógeno a nivel nacional constituye un desafío. iii) La adopción de VE e híbridos está creciendo, y se están llevando a cabo nuevos proyectos ferroviarios eléctricos de pasajeros, pero no hay evidencia de la creación directa e indirecta de empleo asociada al mercado. iv) De otro lado, la oferta de personal profesional y técnico sigue siendo insuficiente para hacer frente a estos mercados emergentes, que se extienden a tecnologías como el H2V, la eólica costa afuera y otras tecnologías de la transición energética.
- **Competitividad, desarrollo económico y democratización:** Este tercer conjunto de desafíos incluye: i) cerrar la brecha de casi el 3% de la población que carece de acceso a la energía, a la vez que se promueven sus usos productivos; ii) mejorar la calidad de los servicios energéticos en las zonas del SIN que carecen de adecuada infraestructura, especialmente en la región de la costa Caribe, y en las ZNI donde la disponibilidad del servicio varía de 4 a 22 horas al día; iii) fomentar la participación activa de las comunidades y las economías populares a través la creación de asociaciones público, privadas y populares en el sector y iv) desplegar

¹⁹ Las ediciones de *Fostering Effective Energy Transition 2021 and 2022* están disponibles en: <https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2022>

infraestructura de medición inteligente, así como capacidades de respuesta a la demanda tanto en el SIN como en las ZNI, proporcionando a la vez capacidades de gestión de la información para permitir una gestión adecuada de las redes y la rendición de cuentas en la prestación de un servicio de buena calidad.

- **Sistema energético de bajas emisiones de GEI:** Considerando la dependencia del país en los combustibles fósiles, tanto en materia de su matriz energética doméstica como de su balanza comercial, el desarrollo de un sistema energético de bajas emisiones de GEI va más allá de la penetración de mayores cuotas de energía renovable en la matriz eléctrica, y debe abordar la descarbonización de los sectores de transporte e industria. En este contexto:
 - i. En el sector del transporte, el 96% del consumo de energía se basa en combustibles líquidos derivados del petróleo²⁰, y estos son responsables del 12,5% del total de las emisiones domésticas de GEI, lo cual afecta a su vez la calidad del aire. Por su parte, limitaciones para la financiación de la operación de sistemas masivos de transporte público han limitado el funcionamiento de las flotas existentes, así como la incorporación de nuevas tecnologías de alto costo (como son los VE, y más aún sistemas de trenes eléctricos tipo metro y tranvía). Así mismo, la creciente penetración futura de este tipo de tecnologías, tanto en los segmentos de transporte público como privado, hace necesario el despliegue de estaciones de carga para VE y otra infraestructura
 - ii. En el acceso a servicios energéticos rurales, como los requeridos para la cocción de alimentos, resulta prioritario el actual uso ineficiente de la biomasa, donde los efectos sobre la salud de las emisiones producidas por procesos de combustión incompletos recaen principalmente en las mujeres y los niños.
 - iii. La generación de energía geotérmica para el suministro de energía firme en el SIN, requiere ser incorporada en el país a nivel comercial.

Adicionalmente, la Misión de Transformación Energética realizada en 2019-2020, que contó con la participación de más de 30 expertos nacionales e internacionales, proporcionó recomendaciones específicas para modernizar el sector energético. Aunque se considera que el sistema actual ha funcionado con éxito durante más de 25 años, los cambios tecnológicos, la aparición de nuevas oportunidades de negocio y las necesidades de los nuevos usuarios requirieron una revisión exhaustiva a través de dicha Misión. El diagnóstico realizado incluyó algunas recomendaciones que ya han venido siendo implementadas, como por ejemplo la preparación de reformas a la estructura y las normas de competencia del mercado eléctrico, la introducción de nuevas tecnologías como el hidrógeno y la geotermia, así como de incentivos a la descentralización y la digitalización, y ajustes al marco institucional. A continuación, se describen las principales barreras identificadas de tal ejercicio:

- **Mercado eléctrico y contratos - i) La regulación actual del mercado eléctrico no promueve la participación activa de la demanda, dejando pasar oportunidades para establecer medidas de eficiencia energética.** La CREG todavía está por implementar reformas que incluyen la adopción de un mercado intradiario, el despacho vinculante y modificaciones al actual mercado de servicios complementarios. **ii) El mercado de mediano plazo carece de una adecuada seguridad crediticia, garantías y distribución de riesgos, lo que puede afectar a los agentes del mercado, y en especial a los nuevos.** Por ejemplo, muchos contratos con pequeños compradores de electricidad derivados de los compromisos de la subasta de contratos de largo

²⁰ UPME, 2021.

plazo de energía de 2021 aún no han sido suscritos. Una buena parte de tales contratos requieren de garantías y estrategias de gestión de riesgos que puedan ser ofrecidas a costos asequibles.

- **Infraestructura eléctrica - La infraestructura de transmisión existente resulta insuficiente para transportar energía desde los proyectos con FNCER de La Guajira y la región Caribe hacia las áreas de mayor demanda.** La UPME ha identificado la necesidad de construir una nueva línea de transmisión HVDC, que se espera pueda iniciar a ser desarrollada a partir de 2023. **La UPME también ha identificado la necesidad de instalar Sistemas Flexibles de Transmisión de Corriente Alterna (FACTS) y Compensadores Sincrónicos Estáticos (STATCOM)** para mejorar y aumentar la capacidad de transferencia de energía y la capacidad de control del sistema eléctrico, en la medida en que proyectos eólicos específicas están por entrar en operación en la Guajira.
- **Electromovilidad - La actual limitación en infraestructura de carga pública rápida y semi-rápida pone en riesgo los ambiciosos objetivos de despliegue de vehículos eléctricos del país (consistentes en crecer de los aprox. 8.000 vehículos eléctricos registrados a mediados de 2022 a más de 100.000 unidades para 2024 y 600.000 para 2030).** Teniendo en cuenta el predominio de la vivienda de propiedad horizontal en ciudades como Bogotá y Medellín (ciudades con el mayor despliegue y proyecciones de crecimiento de VE), donde no es posible instalar cargadores de carga lenta (carga "en casa") con facilidad, sumado a la necesidad de viajar largas distancias entre ciudades, el despliegue de estaciones públicas de carga rápida y semi-rápida resulta necesario. Se espera que hasta el 30% de los vehículos eléctricos utilicen regularmente dicha infraestructura (en comparación con una expectativa del 10% en los países donde la mayoría de las personas tienen acceso a la "carga en casa"). **La financiación bajo condiciones concesionales desempeñaría un papel clave en el desarrollo de modelos privados o público-privados que conduzcan a la construcción de infraestructura de carga de vehículos eléctricos.**
- **Hidrógeno verde y energía eólica costa afuera: la alternativa del hidrógeno como vector energético a ser usado en los sectores de transporte e industria, y el respaldo futuro que este podría ofrecer para el manejo de la variabilidad de las energías renovables, aún se encuentra en una etapa temprana de desarrollo, y los costos y riesgos de inversión son relativamente altos.** Los altos costos de CAPEX y la falta de conocimientos locales sobre la tecnología de H2V representan un desafío para su rápida implementación. El costo relativamente bajo de los combustibles fósiles y la falta de un mercado de carbono evolucionado y un sistema transable de emisiones también constituyen una barrera económica para la adopción más rápida de esta nueva alternativa de e-combustible. **Los proyectos piloto de H2V requieren, en términos generales, de cooperación técnica, financiación con subvenciones y recursos en condiciones favorables para lograr ser desarrollados, demostrar sus beneficios y facilitar una mayor participación del sector privado.**
- **Eólica costa afuera y energía proveniente del mar: El alto CAPEX asociado a proyectos eólicos costa afuera y otras tecnologías marea-motrices y los requerimientos de conocimiento especializado, así como la ausencia de este tipo de proyectos en Colombia, hacen necesaria la transferencia de conocimiento y la disponibilidad de financiamiento concesional para su**

despliegue. Asimismo, las barreras relevantes a ser abordadas en el desarrollo de este tipo de proyectos estarán relacionadas con la obtención de permisos y autorizaciones, la estabilidad jurídica que ha de ofrecer el Estado y los acuerdos que puedan ser pactados a largo plazo con las instalaciones portuarias, considerando que la vida útil operativa de estos proyectos está prevista en no menos de 30 años. La asignación de permisos de conexión a la red y derechos de transporte de electricidad también será un punto importante a abordar, considerando que las solicitudes actuales de conexión de todo tipo de proyectos de generación a la red ascienden al orden de 58 GW para el SIN, de los cuales 9 a 10,5 GW planean ser asignadas para finales de 2022, para un sistema que actualmente cuenta con tan solo 17,7 GW de capacidad de generación instalada.

III. Contexto de integración de energía renovable

Visión general de los sectores energético y eléctrico

La organización y operación institucional del mercado eléctrico colombiano se basa en la separación vertical de las actividades de la cadena (producción/generación, transmisión/transporte, distribución y comercialización), desarrolladas por empresas públicas, privadas y de capital mixto. El desarrollo de este sector está basado en la Ley 142 de 1994 (Ley de Servicios Públicos Domiciliarios) y la Ley 143 de 1994 (Ley de Electricidad). El Ministerio de Minas y Energía (MME), el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y la Unidad de Planificación Minero Energética (UPME), adscritas al MME, definen las políticas del sector y su planificación indicativa de expansión. La Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) es responsable de la regulación económica y técnica y establece tarifas considerando costos eficientes. La Superintendencia de Servicios Públicos Residenciales vigila la supervisión y control de la prestación del servicio. Para las ZNI, el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas (IPSE) es responsable de identificar, desarrollar, promover y hacer viables los proyectos de acceso a la energía.

El SIN se organiza en torno a un Mercado Mayorista de Energía (MEM) donde las diferentes tecnologías de generación compiten para abastecer la demanda. En este MEM de precios marginales, el precio de equilibrio en cada hora es fijado por la planta con el precio más alto requerido para abastecer la demanda respectiva. La formación de precios en el mercado se basa en los precios ofrecidos por los generadores que reflejan sus costos variables, incluido el combustible o el costo de oportunidad del agua, el Cargo por Confiabilidad y su percepción de riesgo asociado con el despacho.

Actualmente, la actividad de generación es mayoritariamente privada y altamente concentrada, con solo un puñado de jugadores que tienen grandes cuotas de mercado. Cuatro empresas poseen alrededor del 65% de la generación: EMGESA (20%), EPM (20%), ISAGEN (17%) y CELSIA (8%). Además, 7 nuevas empresas internacionales han ingresado al mercado de generación colombiano como resultado de las subastas de contratación a largo plazo de 2019 y 2021, para incorporación de FNCER.

El cargo por confiabilidad (CxC) es el mecanismo fundamental para la ampliación de capacidad del sistema. A través de subastas, este mecanismo asigna Obligaciones de Energía Firme (OEF) a proyectos nuevos y en curso para, las cuales compensan la disponibilidad de las plantas para generar

energía en el momento hidrológico más crítico, garantizando la confiabilidad del servicio. Tal modelo les permite a los oferentes adjudicados recibir un ingreso estable, haciendo que su operación resulte financieramente viable y fortaleciendo el suministro al proporcionar un respaldo suficiente para superar los períodos de escasez de agua. Según la metodología utilizada para calcular las OEF para cada tecnología, los recursos como el solar y eólico no contribuyen significativamente a la confiabilidad debido a su variabilidad e intermitencia.

En 2019 se diseñó un nuevo mecanismo para incentivar el desarrollo de proyectos con FNCER, permitiéndoles vender su energía mediante contratos de largo plazo, considerando la curva de generación de cada tecnología. Por tanto, el contrato de subasta a largo plazo valora los beneficios de las fuentes renovables para el sistema y les permite alcanzar la viabilidad financiera. Esta subasta utilizó la modalidad de dos puntas, en la que tanto los generadores como los compradores participaron con ofertas por cantidades y precios, lo que la convirtió en la primera subasta de este tipo en el mundo. Además, los contratos se organizaron según bloques horarios para la entrega de energía, coincidiendo con las franjas del día en las que hay más radiación solar o más eólica, permitiendo que la demanda adquiriera energía a diferentes precios según la franja.

La infraestructura de transmisión es desarrollada y operada por empresas privadas y público-privadas. Según los registros oficiales, existen dieciséis compañías de transmisión nacionales y siete regionales que operan en el SIN. La UPME es responsable de actualizar el Plan de Expansión en Transmisión, que sirve de pauta para la expansión del sistema. Con base en tal plan, la UPME emite convocatorias para la construcción y operación de nuevas líneas de transmisión y otras unidades constructivas, y tras seleccionar las mejores ofertas (mínima inversión y costos de AOM) asignan los derechos para construir y operarlas, con lo cual los inversionistas asumen todos los riesgos. La remuneración de tales inversiones se hace posteriormente vía tarifa, siguiendo las regulaciones emitidas por la CREG.

En materia de redes de distribución, existen actualmente 28 operadores de red activos, los cuales son los responsables de la operación y expansión de su propio sistema (sus propias redes). Dos empresas abarcan el 56% del mercado de distribución: EPM (34%) y CODENSA (22%). La regulación requiere que los operadores de red preparen y presenten sus planes de expansión a 5 años, los cuales son revisados y aprobados por la CREG. Dicho regulador debe aprobar los planes de inversión correspondientes por períodos de 5 años, y los activos son posteriormente remunerados con base en tarifas reguladas. Al año 2018 había 562.882 km de redes de distribución, incluidos 581.592 transformadores, en 4 niveles diferentes de tensión, como se ilustra en *Figura 2*.



Figura 2. Redes de distribución de Colombia por nivel de tensión (basado en cifras 2010-2018 reportadas por Asocodis)²¹

Los comercializadores de electricidad se encargan de comprar electricidad en el mercado mayorista y de suministrarla a los usuarios. Los usuarios, por su parte, se clasifican en consumidores regulados y no regulados (con una demanda mínima de 55 MWh/mes, o un consumo de 1 MW de potencia). Los usuarios no regulados pueden elegir a su comercializador y negociar los precios de generación y comercialización directamente a través de contratos bilaterales. Los usuarios regulados también tienen la posibilidad de elegir su comercializador, pero normalmente son atendidos por el comercializador incumbente (asociado a la empresa de distribución local), debido a mayores costos transaccionales ligados a otros comercializadores (por requerir la instalación de un nuevo medidor²²). Los usuarios regulados pagan una tarifa regulada establecida por la CREG, basada en la remuneración costo-efectiva de CAPEX y OPEX para las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización. A partir de la Ley 1715 de 2014 y sus posteriores actos reglamentarios, todo usuario que cumpla con las condiciones técnicas requeridas está habilitado a convertirse en autogenerador y entregar sus excedentes de energía a la red para ser debidamente remunerado²³.

Análisis detallado del portafolio de generación renovable del país

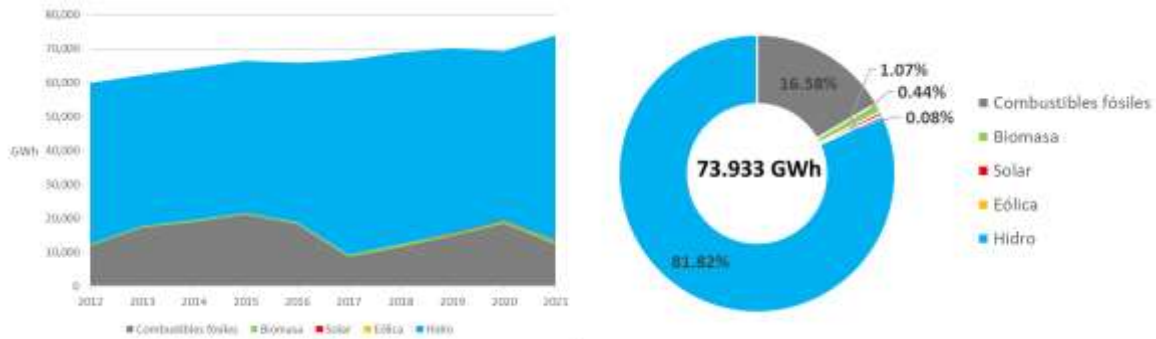
Debido a su dotación natural de recursos hídricos, la matriz eléctrica Colombiana depende más de la generación hidroeléctrica que de la generación termoeléctrica basada en combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo natural). Sin embargo, durante los últimos 30 años, el sistema eléctrico ha enfrentado situaciones críticas durante los períodos de sequía causados por eventos de El Niño, que en varias ocasiones han puesto en peligro la continuidad del servicio. En estos casos, las termoeléctricas deben asumir un mayor protagonismo en la generación diaria a pesar de los

²¹ https://www.asocodis.org.co/administrador/components/com_archivos/docs/49fee671f49d7b81eada348cb505046c-INFORME-ASOCODIS-VER7NOV2019-impresion-compressed.pdf

²² Algo que cambiará con el despliegue de AMI, pues con tal despliegue pasarán a ser los Operadores de Red y no los comercializadores los encargados de instalar los medidores, pudiendo así un usuario cambiar de comercializados sin requerir cambiar su medidor.

²³ Estableciéndose condiciones simplificadas y preferenciales, en términos de procedimientos de conexión y remuneración de excedentes, para usuarios con capacidades de autogeneración por debajo de 100 kW, conforme lo establecido por la Resolución CREG 174 de 2021.

mayores costos y la contaminación que esto representa. En 2020, los combustibles fósiles utilizados para la generación de electricidad fueron responsables de 8,3 MtCO₂eq, lo que lleva a un factor de emisión operacional atribuido al SIN de 0,203 tCO₂eq / MWh. Sin embargo, si se compara el ciclo de vida completo de los proyectos de energía convencional con el de los proyectos fotovoltaicos y eólicos, se obtiene un factor de emisión mayor correspondiente a 0,662 tCO₂eq/MWh²⁴, el cual es usado como factor de reducción de emisiones para calcular los beneficios generados por este tipo de proyectos (solares y eólicos).



**Figura 3 eléctrica del SIN Colombiano 2012-2021
(Basado en las cifras reportadas por XM a 2022)**

Hasta 2018, la capacidad instalada de energías renovables no convencionales (FNCR) representaba el 1,7% de la capacidad total, principalmente por plantas de generación con biomasa. Sin embargo, 2019 fue un punto de inflexión para los proyectos de FNCR en Colombia: (i) **las subastas de OEF:** proyectos con FNCR participaron por primera vez, compitiendo directamente con las fuentes de energía tradicionales (hidroeléctrica, gas, carbón y combustibles líquidos). La subasta registró obligaciones por 164,33 GWh/día, equivalente a una capacidad efectiva neta adicional de 4.010 MW, de los cuales 1.160 MW fueron eólicos y 238 MW solares; (ii) **Subastas de FNCR a largo plazo:** Se celebraron por primera vez y se adjudicaron contratos a 23 compradores representativos de la demanda regulada y nueve generadores de energía renovable: seis generadores eólicos por un total de 1.084 MW y tres generadores solares por un total de 289 MW.

²⁴ Con base en valores establecidos por la UPME conforme la Resolución 382 del 2 de noviembre de 2021; Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/siame/Paginas/calculo-factor-de-emision-de-Co2-del-SIN.aspx>

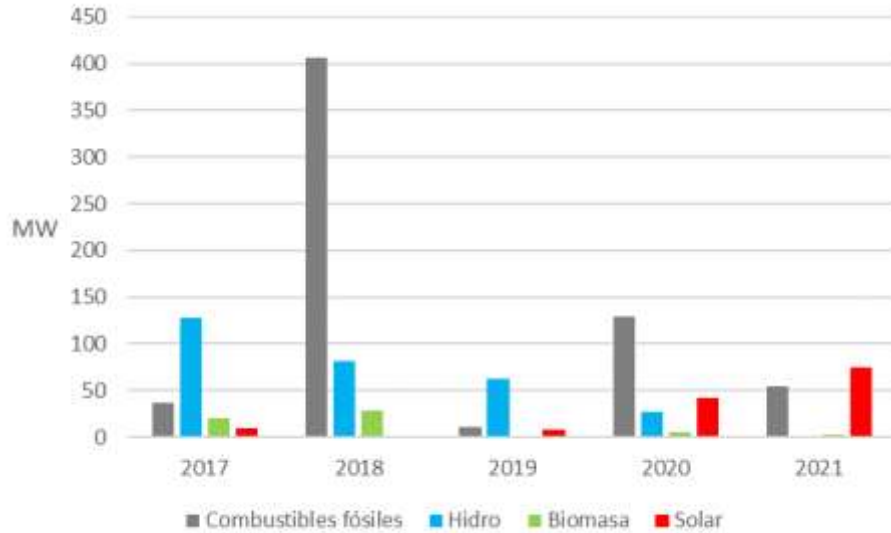


Figura 4. Adiciones anuales de capacidad de generación en el SIN Colombiano 2017-2021 (Basado en las cifras reportadas por XM a 2022)

Posteriormente, el año 2021 vio un récord en la incorporación de FNCER con 74,66 MW de tecnología fotovoltaica, equivalente al 58% de la nueva capacidad instalada ese año. De esta manera, las instalaciones fotovoltaicas han experimentado una rápida aceleración, con una capacidad instalada total de 135 MW a partir de 2021, o 308 MW si se incluyen proyectos en operación, pero aún no registrados por XM, como El Paso con 86 MW, Canal del Dique con 5,6 MW, Castilla con 20,4 MW y San Fernando con 61 MW.

Además, en los próximos tres a cuatro años, se espera la incorporación de nuevos proyectos que han de sumar 1.322 MW de energía fotovoltaica y 2.309 MW de capacidad eólica estén, con base en las obligaciones de contratos de largo plazo y obligaciones de energía firme asignadas entre 2019 y 2021 (véase la Tabla 2).

Tabla 2. Capacidades de proyectos eólicos y solares con obligaciones / asignaciones de subastas o garantías de proyectos de transmisión

		Solar (MW)	Eólica (MW)	Total (MW)
Subastas RE	Octubre 2019	288,0	1.077,0	1.365,0
	Octubre 2021	796,3	0,0	796,3
	Total	1.084,3	1.077,0	2.161,3
Subastas de energía firme de febrero 2019 sin asignación de subasta de largo plazo con FNCER		238,0	491,6	729,6
Sin obligaciones / asignaciones de subasta; con garantía de conexión para el proyecto Colectora			495,0	495,0
Sin obligaciones / asignaciones de subasta; con garantía para otros proyectos de conexión (a diciembre de 2021)			246,0	246,0
TOTAL		1.322,3	2.309,6	3.631,9

Los proyectos de FNCER enfrentan desafíos a mediano plazo: (i) Proyectos con asignaciones de contratos a largo plazo de la primera subasta (octubre de 2019) que cerraron a un precio promedio de 95,65 COP/kWh (26 US\$/MWh), enfrentan hoy día una situación económicamente adversa teniendo en cuenta los contextos pre y post pandemia actual, especialmente en materia del aumento del CAPEX requerido. Dichos proyectos se ven afectados por la inflación, la devaluación de la moneda local, los altos costos de fletes y materias primas. Por tanto, los tres proyectos fotovoltaicos (288 MW) que se esperaba originalmente que comenzaran a operar en 2022, ahora se retrasan al menos para el 2023; (ii) Los otros seis proyectos eólicos (1.077 MW) originalmente previstos para el 2023, probablemente se retrasen hasta 2024 y 2025²⁵ debido a retrasos en la construcción de la línea de transmisión *Colectora* que evacuará la mayor parte de la electricidad generada. (iii) Proyectos fotovoltaicos de la subasta de 2021 (796,3 MW) que se esperaba entrarán a operar también a finales de 2022 ahora están previstos para 2023. De igual manera se espera que otros proyectos fotovoltaicos con asignaciones de OEF y sin asignaciones de subastas de FNCER, como *La Loma, entren* en operación a fines de 2022, mientras que se aguardan otros 741 MW de proyectos eólicos con garantías de expansión de transmisión para 2025.

La flexibilidad del sistema eléctrico es una prioridad. En 2021, la UPME asignó el primer proyecto de almacenamiento de energía a gran escala, basado en baterías (45 MWh), que se espera entre en funcionamiento hacia junio de 2023. Esta instalación proporcionará servicios complementarios a las redes de transmisión y distribución de la región Caribe. Por otro lado, la UPME también ha anunciado la construcción de una primera línea de transmisión HVDC en Colombia para permitir la evacuación de energía proveniente de FNCER a ser instaladas en el noreste del país. El proyecto será convocado en 2023 y la línea conectará la subestación *Colectora* de La Guajira con las subestaciones *Cerromatoso* o *Primavera* en la zona central del sistema. Además, se espera que la UPME solicite propuestas en 2023 para nuevos sistemas de compensación sincrónica, como son sistemas flexibles de transmisión de CA (FACTS) y compensadores sincrónicos estáticos (STATCOM) que proporcionarán más capacidad de flexibilidad de red al sistema, en términos del manejo de energía reactiva.

Estrategias nacionales de energía con bajas o cero emisiones de carbono

El compromiso de Colombia con el Acuerdo de París en el marco de la NDC, busca reducir las emisiones de GEI en un 51% a 2030, con respecto al escenario BAU. El sector energético está a la vanguardia en la implementación de un plan integral de gestión del cambio climático para reducir el equivalente a 11,2 MtCO₂ eq. para 2030. También se ha priorizado el sector transporte con el objetivo de optimizar las operaciones logísticas y de transporte, y desarrollar la movilidad eléctrica, lo que podrá producir una reducción del orden de 4 MtCO₂ eq. para ese año.

El plan de cero emisiones netas de Colombia para 2050 se describe en la Estrategia Climática de Largo Plazo - E2050 para cumplir con los compromisos del Acuerdo de París²⁶ A nivel sectorial, el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático para el Sector Minero y Energético (PIGCCme)²⁷

²⁵ Conexiones con Capacidad Asignada por UPME al 14 de Junio de 2022:

<http://www.siel.gov.co/Inicio/Generaci%C3%B3n/SeguimientoaproyectosdeGeneraci%C3%B3n/tabid/112/Default.aspx>

²⁶ Dicha Estrategia fue desarrollada y emitida por el Gobierno de Colombia, con el apoyo del BID, PNUD, AFD, WRI y el gobierno alemán en mayo de 2021.

²⁷ Dicho plan fue producido por el Ministerio de Minas y Energía en octubre de 2021, habiéndose desarrollado con el apoyo de GIZ y CIAT, entre otras entidades de cooperación.

establece líneas de acción específicas para lograr dicho objetivo. **Las principales líneas de acción consideran la eficiencia energética, la generación de electricidad limpia, la gestión de la demanda, el control de las emisiones fugitivas, la electrificación de la demanda y la sustitución de los combustibles más carbono-intensivos.**

El escenario más ambicioso bajo el Plan Energético Nacional 2020-2050 de Colombia, adoptado por el PIGCCme, busca reducir las emisiones en 31,6 MtCO₂e para 2050. Las líneas de actuación incluyen la implementación de tecnologías disruptivas como la captura y utilización de carbono (CCU) junto con la masificación del transporte en trenes eléctricos, el uso de hidrógeno de bajas emisiones en el sector transporte, la adopción de transacciones tipo *blockchain* y la implementación de centros de control autónomos, inteligencia artificial y el uso de conductores y materiales inteligentes. En todo caso, aun con estas medidas, el sector energético seguiría produciendo unos 8,4 MtCO₂eq. por lo que se hace necesaria la implementación de otras estrategias para compensar estas emisiones.

Un contribuyente especial al logro de un escenario de cero emisiones netas para 2050 será el hidrógeno de bajas emisiones²⁸, que requiere el despliegue de hasta 4 GW de capacidad instalada de energía dedicada para aumentar la producción de H₂V a 70 kt para 2030. El plan incluye la incorporación de 2.000 vehículos ligeros y 1.500 vehículos pesados y hasta 100 estaciones de servicio de hidrógeno. Tal escenario representa hasta US\$5.500 millones en inversiones, generando 15.000 empleos y reducciones acumuladas de hasta 3 MtCO₂eq para 2030 (0,7 MtCO₂eq/año).

Marco y capacidad institucional

El marco normativo y regulatorio de Colombia para la transición energética ha sido promulgado a través de leyes y reglamentos que buscan diversificar la matriz energética y descarbonizar el sector:

- **La Ley de Energías Renovables²⁹:** estableció instrumentos concretos para promover las FNCER y la gestión eficiente de la energía, incluidos los incentivos fiscales y la creación del Fondo para la Energía No Convencional y la Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) para financiar este tipo de proyectos.
- **El Plan Nacional de Desarrollo de 2018-2022:** incluyó incentivos fiscales mejorados que ampliaron el beneficio de deducción del impuesto a la renta de 5 a 15 años y crearon una exención automática del Impuesto al Valor Agregado (IVA) para paneles solares, controladores e inversores. Además, el plan fijó metas ambiciosas en materia de participación de FNCER en la matriz de generación nacional (para crecer de 22,4MW en 2018 a 1.500MW en 2022) y estableció que entre un 8% y un 10% de las compras de electricidad realizadas por comercializadores en el MEM deberían provenir de contratos de largo plazo con FNCER.

²⁸ Entendiendo como hidrógeno verde aquel producido a partir de electrólisis utilizando energía renovable, y como hidrógeno azul aquel derivado del reformado de metano a vapor, utilizando gas natural y luego capturando las emisiones de CO₂ asociadas a través de tecnologías de captura y uso o almacenamiento de carbono (CCUS). Ambos tipos de H₂ son considerados en la Hoja de Ruta de H₂ para Colombia.

²⁹ Ley 1715 de 2014

- **La Ley de Transición Energética:**³⁰ establece disposiciones sobre la transición energética, la dinamización del mercado energético y la recuperación económica. Incluye disposiciones fiscales aplicables a los proyectos de FNCER y las amplía al almacenamiento de energía, AMI y gestión de la energía, así como a inversiones en bienes, maquinaria y equipos utilizados en la fabricación, almacenamiento, envasado, distribución, re-electrificación, investigación y uso final de hidrógeno verde y azul. **El documento de Transición Energética CONPES No. 4075/22** fomenta el conocimiento y la innovación en la transición energética, el desarrollo de un sistema energético de bajas emisiones GEI para reducir los efectos del cambio climático, y la generación de una mayor competitividad y crecimiento económico apoyado por este sector.
- En materia de movilidad, **la Ley de Movilidad Sostenible**³¹: establece una serie de incentivos para el uso de vehículos de cero y bajas emisiones, así como objetivos específicos para la incorporación de VE o de cero emisiones en todos los sistemas BRT (*Bus Rapid Transit*) del país, y para la implementación de estaciones de carga rápida para VE en las 5 ciudades principales. Entretanto, **la Ley para la Protección de los Derechos a la Salud y al Medio Ambiente Sano**³² establece límites de emisión para todos los sistemas públicos urbanos y regionales, incluidos los de las ciudades intermedias.

Adicionalmente, en el Anexo VI se describen desarrollos regulatorios clave que han contribuido a la promoción y penetración de las FNCER durante la última década.

Papel del sector privado, innovación y apalancamiento de recursos

La movilización de capitales para la transición energética y la electromovilidad requiere incrementar la participación del sector privado y dar un papel de mayor protagonismo a las entidades financieras internacionales y de desarrollo. Estos actores son fundamentales para catalizar las inversiones y proporcionar financiación en condiciones favorables para el desarrollo de nuevas tecnologías. El MME estima que la transición energética requerirá alrededor de US\$ 8 mil millones en inversiones en los próximos ocho años. Las proyecciones también muestran que los sistemas de transporte público masivo estratégicos podrían adquirir más de 2.735 buses eléctricos entre 2021 y 2030, representando una inversión de US\$ 833 millones. Sin embargo, el aumento de la inversión pública en infraestructura no es factible en un entorno post-Covid donde los fondos disponibles son limitados y deben asignarse a la atención médica y otros sectores prioritarios. Por tanto, se necesitan asociaciones sólidas entre los sectores público y privado para atraer las fuentes de capital diversificadas y resistentes que hagan posible materializar las inversiones multianuales y con duración de varias décadas que requieren los sistemas energéticos.

Los principales inversionistas de la transición energética incluyen tanto a empresas como a comunidades y consumidores individuales de energía. Estos últimos normalmente están interesados en convertirse en autogeneradores a través de la implementación de tecnología fotovoltaica, o en participar de esquemas de agregación de demanda, pilotos de electromovilidad y programas para reducir su huella de carbono. Estas iniciativas también requieren financiamiento para alcanzar un impacto a escala.

³⁰ Ley 2099 de 2021

³¹ Ley 1964 de 2019

³² Ley 1972 de 2019

El sector privado y las autoridades nacionales se unen en esfuerzos por llevar a cabo investigaciones a través de asociaciones con la academia, las comunidades y programas dirigidos por las Cámaras de Comercio y otros, que conducen al componente crítico del apoyo y el fomento de la innovación. Ecopetrol y el Ministerio de Ciencia y Tecnología apoyan a los grupos de investigación en la aceleración del desarrollo de capacidades locales para tecnologías de transición energética, como el hidrógeno y la captura de carbono. Otros esfuerzos en esta dirección incluyen iniciativas de clústeres energéticos de las Cámaras de Comercio de Bogotá y Medellín, en los que la industria se integra con la academia para lograr sinergias en temas como eficiencia energética, integración de FNCER y electromovilidad.

Los Bancos Nacionales de Desarrollo (BNDs) como Bancóldex y la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) están en capacidad de desempeñar un papel importante en el cofinanciamiento y la gestión de riesgos. Estos BNDs han aumentado progresivamente su papel en la subsanación de los principales vacíos de financiación local y en el desarrollo de financiación a largo plazo. Colombia tiene un mercado limitado de financiamiento de proyectos y por tanto, las necesidades de financiamiento de infraestructura se han satisfecho tradicionalmente a través de préstamos corporativos o de un pequeño conjunto de bancos comerciales. Sin embargo, las altas tasas de interés actuales y la baja liquidez de las empresas pueden dificultar el acceso de los desarrolladores al crédito y a los bancos comerciales, y a su vez muchos inversores no están familiarizados con los proyectos de energías limpias y de electromovilidad.

Además, este tipo de inversiones presentan barreras que incluyen: i) un alto costo de capital inicial para los proyectos con nuevas tecnologías; ii) períodos cortos de concesión en algunos segmentos del mercado; iii) percepciones de riesgo empresarial que pueden limitar el acceso al crédito de las micro y pequeñas empresas; iv) falta de acceso a tasas de interés preferenciales y subvenciones para cubrir los costos de capital; v) la falta de proyectos bien estructurados; vi) un complejo sistema regulatorio para el sector energético que limita el apetito de los bancos comerciales a financiar proyectos de FNCER y recursos energéticos distribuidos (DER) tanto en el SIN como en las ZNI; y vii) nuevas tecnologías que no han sido probadas y/o no resultan financieramente viables sin el uso de recursos concesionales, entre otras. Por tanto, serán necesarios mecanismos de financiamiento en condiciones concesionales, mitigación de riesgos y mejora del crédito para administrar el espectro de riesgos de financiamiento y atraer a los financistas del sector privado a este tipo de proyectos.

Actividades complementarias de otros cooperantes para el desarrollo

Varios donantes multilaterales y bilaterales participan activamente en la promoción de las energías renovables en Colombia. A continuación, se describe brevemente el principal apoyo actual de los donantes en este campo, y en el ANEXO IV se describen con más detalle las actividades apoyadas por otros cooperantes.

BID y BID Invest: El Grupo BID ha apoyado la transición energética en Colombia a través de operaciones de política e inversión, así como asistencia técnica, de la siguiente manera:

- En 2021 se aprobó la Facilidad de Apoyo a la Transición Energética con Bancóldex (por US\$50 millones), la cual apoyará la descarbonización de la economía a través de la reducción de emisiones GEI y la aceleración de la transición energética inclusiva, como resultado del apoyo a proyectos con FNCER y sus líneas de conexión, almacenamiento de energía, eficiencia

energética, DER, AMI y movilidad eléctrica. Se propone que la financiación CIF-REI proporcione cofinanciación para proyectos elegibles que se financiarán en el marco de este mecanismo.

- Se ha venido implementando un proyecto de electrificación rural en la región de la Costa Pacífica del país (por US\$91 millones), proporcionando financiamiento para conectar a 20.000 nuevos usuarios y realizando diversos estudios relacionados con la promoción de la participación del sector privado en el desarrollo de soluciones de acceso a la energía, el aseguramiento de la sostenibilidad de estas soluciones y la reducción de emisiones mediante la sustitución de plantas de generación diésel.
- Se implementó un proyecto de eficiencia energética (por US\$10 millones del CTF) en San Andrés, Providencia y Santa Catalina y se está preparando un nuevo proyecto de eficiencia energética para los siete departamentos de la región Caribe del país.
- Desde 2019 se aprobaron tres préstamos basados en política que apoyan la transición energética y el cambio climático por 2.000 millones de dólares.
- Se aprobó una línea de financiamiento por US\$600 millones y una primera operación por US\$70 millones a la empresa Metro de Bogotá, para la construcción de su primera línea.
- Se han apoyado proyectos y estudios con relación a los requerimientos de infraestructura y posibles modelos de negocio para la adopción de flotas de VE y el despliegue de infraestructura para su carga.
- Se apoyó al Gobierno en la preparación de la hoja de ruta de H2 y actualmente se está apoyando la estructuración de un *sandbox* regulatorio en la temática y el desarrollo de otros estudios técnicos.
- Se financió el programa Colombia Inteligente, que definió la hoja de ruta y la visión del país para el desarrollo y despliegue de las redes inteligentes.
- Se brindó asistencia técnica en la actual fase de pre-inversión del proyecto de interconexión Panamá-Colombia; y se está brindando apoyo a la iniciativa de integración energética regional del Sistema de Interconexión Eléctrica Andina (SINEA).

Banco Mundial: El BM también ha estado apoyando la integración de las energías renovables de Colombia en su matriz energética a través de productos de asistencia técnica y financiamiento. Las principales actividades actualmente en ejecución o recientemente finalizadas han correspondido con las siguientes:

- Apoyo brindado al gobierno de Colombia a través de tres préstamos basados en políticas por un total de US\$ 2 mil millones desde 2020, en temas de Infraestructura Resiliente y Sostenible para la Recuperación y Recuperación Verde Equitativa.
- Implementación de un proyecto de electrificación de transporte, apoyando la implementación de la Línea 1 del Metro de Bogotá, por US\$ 70 millones.
- Prestación de asistencia técnica en diversas áreas relacionadas con la transición energética, incluyendo entre otras:
 - Apoyo al desarrollo de la hoja de ruta eólica costa afuera.
 - Estudios relacionados con refuerzos HVDC del SIN para evacuar la generación eólica y fotovoltaica de la región de la Guajira.
 - Información e insumos para la implementación de un sistema de certificación de hidrógeno bajo en carbono, esencial para desarrollar esta industria y permitir las exportaciones de hidrógeno.

- Estudio del impacto de la movilidad eléctrica sobre las redes de distribución y cómo puede este impacto ser reducido para permitir una mayor penetración.
- Recomendaciones sobre modelos de negocio para apoyar las inversiones privadas en el acceso a la energía.
- Recomendaciones sobre las principales vulnerabilidades del sistema eléctrico y preparación de una hoja de ruta para abordarlas.

AFD, GIZ, KEXIM, PNUMA, PNUD, UK-Pact y GGGI: vienen proporcionando asistencia técnica apoyando diferentes áreas como son el desarrollo de H2 de bajas emisiones, la promoción de la descarbonización del transporte de pasajeros y carga, y el trabajo en la estructuración técnica y la evaluación del impacto de nuevas soluciones de acceso a la energía con FNCER.

La adquisición de flotas eléctricas para sistemas de transporte de autobuses de transporte público en ciudades específicas del país está siendo evaluada por KEXIM y WRI, mientras que UK-Pact está promoviendo la descarbonización del transporte nacional de carga a través de su iniciativa Giro-Zero, y el PNUD está estudiando la digitalización del transporte a través de su iniciativa ACCES. Por su parte, el PNUMA está promoviendo la integración regional para el desarrollo de la electromovilidad a través de su programa MOVE. Asimismo, CAF, KfW y AFD tienen como objetivo apoyar la aceleración de la electromovilidad en diferentes países de América Latina a través de su iniciativa movilidad eléctrica y transporte bajo en carbono - EMOTION.

Desde 2019, UK-Pact ha financiado el Programa de Apoyo para el Despliegue de Redes Inteligentes en Colombia, implementado por Carbon Trust, que ha analizado los datos y beneficios percibidos de proyectos piloto desarrollados en Colombia en los últimos años.

Recientemente, el PNUD estableció un acuerdo de cooperación con IRENA para ofrecer a Colombia asistencia técnica en temas relacionados con energía, los cuales podrán incluir por ejemplo análisis relacionados con la flexibilidad del sistema eléctrico y el desarrollo de capacidades en la tecnología y producción de H2V.

IV. Descripción del programa

El objetivo del CIF-REI IP para Colombia es apoyar la descarbonización de la economía, acelerando la transición energética limpia e inclusiva del país. Específicamente, el CIF-REI: (i) reducirá o eliminará, en la medida de lo posible, las barreras financieras, técnicas y operativas que dificultan la integración de la generación de energía renovable en la red eléctrica colombiana; y (ii) apoyará el desarrollo de la infraestructura necesaria, y las condiciones habilitantes, para aumentar las cantidades de FNCER variables a ser incorporadas tanto en el SIN como en las ZNI.

Los recursos concesionales del CIF-REI catalizarán el financiamiento de los BMDs, así como la inversión privada y de otras fuentes en tecnologías y proyectos necesarios para cumplir con los compromisos de la NDC y de descarbonización del país. Los tipos de tecnologías y proyectos priorizados por el programa serán los siguientes:

- 1) Desarrollo de comunidades energéticas que propicien el estallido solar a través de esquemas asociativos comunitarios y populares, mediante la electrificación de áreas no interconectadas, por medio de FNCER, a fin de lograr el acceso universal a la electricidad a 2030. Se buscará que

a través del apoyo a la conformación de estas comunidades se fomente el desarrollo y la inclusión de las economías populares en los territorios, a la vez que se reduce el consumo de combustible diésel como la fuente más utilizada actualmente para la generación de electricidad en las ZNI, siendo el uso sostenible de biomasa un posible sustituto que brinde flexibilidad a sistemas híbridos.

- 2) Refuerzos o expansión de las redes de transmisión para la integración de nuevas capacidades de FNCER, además de la masificación de la infraestructura de medición avanzada (AMI) que habilite la participación activa de los usuarios y sus comunidades y la democratización de las actividades de generación y consumo de energía eléctrica a través de comunidades energéticas urbanas e interconectadas, así como el despliegue de proyectos de almacenamiento de energía con baterías y otras tecnologías que aumentan la flexibilidad general de la red, tanto desde el lado de la demanda como de la oferta.
- 3) Electrificación del sector transporte a través de apoyo a la movilidad eléctrica, incluyendo la masificación de infraestructura de carga, el desarrollo de nuevos sistemas de transporte masivo operados con electricidad, y la adquisición de vehículos eléctricos tanto para transporte urbano como para transporte público intermunicipal e interdepartamental, incluyendo el transporte de carga además del transporte público masivo, promoviendo el acceso equitativo.
- 4) Despliegue de nuevas tecnologías, como las asociadas al hidrógeno verde (H2V) para su producción y uso como e-combustibles para la descarbonización de los sectores de industria y transporte, la eólica costa afuera y otras tecnologías de aprovechamiento de la energía del mar para apoyar la diversificación de la matriz de generación eléctrica del país, en tanto que se promueve el desarrollo de proyectos que permitan el acceso de nuevos agentes al mercado eléctrico.

Los recursos CIF-REI se implementarán a través de dos componentes liderados y ejecutados por Bancóldex, la FDN y FENOGÉ, de la siguiente manera:

Componente 1: Financiamiento para apoyar los proyectos de transición energética de Colombia a través de Bancóldex y la FDN (US\$ 79 m. BID; US\$ 5 m. CTF; US\$ 68 m. CIF-REI; US\$ 143,3 m. otros).

Los objetivos de este componente que se ejecutará a través de operaciones individuales con Bancóldex y la FDN consistirán en apoyar la descarbonización de la economía, mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la aceleración de la transición energética limpia e inclusiva del país.

Bancóldex y la FDN utilizarán el financiamiento del BID junto con recursos concesionales y no reembolsables CIF-REI, acompañados de recursos de CTF en el caso de Bancóldex, para brindar apoyo financiero a promotores y desarrolladores públicos, privados y/o públicos/privados/populares de proyectos que se enmarquen en la transición energética del país, y que resulten financierables a través de préstamos directos/indirectos, préstamos contingentes y/o garantías. A través de este componente, el financiamiento CIF-REI estará disponible para todos y cada uno de los cuatro tipos de tecnologías / proyectos anteriormente priorizados bajo el programa, lo que potencialmente incluye sistemas de almacenamiento de energía con baterías (ya sea a gran escala o a nivel distribuido), líneas de transmisión asociadas a proyectos con FNCER, construcción de estaciones de carga de vehículos eléctricos, y adquisición de vehículos, buses, embarcaciones, camiones, trenes, tranvías o metros eléctricos; el desarrollo de proyectos de H2V con potencial para

absorber generación variable de FNCER inyectada a la red, y proyectos de electrificación rural con participación del sector privado, entre otras opciones habilitadas como se describió anteriormente.

Este programa no establece montos específicos a ser asignados para cada tipo de proyecto o el tipo de financiamiento (directo o a través de intermediarios financieros), pero la mayor parte de los recursos serán utilizados a través de financiamiento directo basado en las carteras de proyectos de Bancóldex y la FDN. Los proyectos individuales de financiamiento directo tendrán acceso a recursos a partir de un monto mínimo de US\$1.000.000 y una inversión máxima de US\$30.000.000.

Para garantizar la inclusión, el programa incorpora acciones específicas para promover tanto la igualdad de género como la inclusión de personas con discapacidad (PCD), tales como: (i) apoyar la incorporación de la perspectiva de género en los proyectos de financiamiento directo, (ii) apoyar a Bancóldex y la FDN en el cierre de las brechas de género identificadas dentro de las instituciones y en la implementación de sus Planes de Acción de Género y/o Diversidad; — reforzar las políticas de recursos humanos y de contratación pública con perspectivas de igualdad de género e inclusión social; iv) seleccionar y contratar proveedores que promuevan la igualdad de género, por ejemplo, trabajando con empresas de propiedad de mujeres; (v) promover la participación de la fuerza laboral femenina en sectores no tradicionales como la construcción, el transporte y la energía mediante el desarrollo de programas de capacitación para mujeres en áreas profesionales o técnicas; y (vi) llevar a cabo actividades de fortalecimiento de capacidades como programas de capacitación en liderazgo para mujeres, técnicas de reclutamiento, procesos de selección y contratación, y prevención y mitigación de la violencia de género y el acoso laboral. Las actividades de inclusión social y de género han comenzado a ser coordinadas entre el BID y las entidades implementadoras (EIs), y continuarán planificándose para su implementación con el apoyo de los BMDs, en alineación con las políticas sectoriales y los resultados de las consultas inclusivas.

Los resultados específicos de este componente incluyen³³:

- Aceleración de la descarbonización de la economía. El programa anticipa una reducción general de las emisiones de GEI de aproximadamente 100 ktCO₂ / año para 2030 para el total de proyectos a ser financiados y una reducción acumulada de 1,38 mtCO₂ a lo largo de su vida útil.
- Aceleración de la transición energética mediante la financiación de proyectos subvencionables. El financiamiento con recursos de terceros a ser movilizados por el programa se estima en US\$230 millones.
- Fomento al desarrollo productivo y social de las economías populares, a través de soluciones de electrificación rural sostenible a partir de fuentes como la solar y la biomasa, y empoderamiento de los usuarios para actuar como prosumidores y dinamizar su participación en el mercado eléctrico a través de la masificación de la infraestructura AMI.

³³ Los resultados estimados son indicativos, ya que los resultados finales dependerán de las decisiones de los subprestatarios. Mientras tanto, el supuesto utilizado para obtener resultados indicativos considerando los recursos de CIF-REI más apalancamiento por un total de US\$ 292.3 m., se divide de la siguiente manera: US\$ 83.5 m. asignados a soluciones en ZNI que promuevan el uso de fuentes como la solar y la biomasa, US\$ 83.5 m. para el despliegue de infraestructura de carga de VE, US\$ 41.7 m. para el despliegue de AMI, US\$ 41.7 m. para proyectos de tecnología de H2V, y US\$ 41.7 m para proyectos de almacenamiento de energía.

- Despliegue de infraestructura y/o nuevas flotas de vehículos y sistemas que incrementen la participación de la energía eléctrica en el sector transporte, tanto en sus segmentos público como privado.
- El financiamiento concesional CIF-REI podrá facilitar el despliegue de primeros proyectos de H2V y/o eólicos costa afuera liderados por el sector privado. El desarrollo de tales proyectos sentará bases sólidas que apoyen el desarrollo de estas tecnologías en el país, así como la descarbonización de sectores intensivos en el consumo energético y la diversificación con nuevas fuentes de energía. El apoyo de CIF-REI al desarrollo de estas tecnologías resulta oportuno a raíz del creciente interés de los desarrolladores privados y las hojas de ruta de hidrógeno y energía eólica costa afuera recientemente desarrolladas.

Componente 2: +Programa H2 Colombia (US\$1,7 millones FENOGÉ; US\$2 millones de financiamiento de subvención CIF-REI; US\$1 millón otros financiadores bilaterales). La asistencia técnica (AT) no reembolsable del CIF-REI será canalizada por el BID y ejecutada a través de FENOGÉ para apoyar la "Iniciativa +H2 COLOMBIA". Esta iniciativa fue lanzada a principios de 2022 por el MME y FENOGÉ para apoyar el desarrollo de la Hoja de Ruta del Hidrógeno de Colombia mediante la promoción y el fomento del conocimiento y las aplicaciones del hidrógeno en toda su cadena de valor en Colombia. La iniciativa apoyará estudios de pre-inversión para proyectos de hidrógeno priorizados.

FENOGÉ lanzó la primera convocatoria de proyectos de hidrógeno con el propósito de identificar proyectos potenciales que requieran estudios de pre-inversión (prefactibilidad o factibilidad) para la producción, almacenamiento, acondicionamiento, distribución, innovación, investigación y/o usos finales industriales. En respuesta a tal convocatoria, FENOGÉ recibió 58 propuestas de iniciativas a lo largo de la cadena de valor del hidrógeno que están siendo evaluadas y priorizadas para su financiamiento. Los recursos de la subvención CIF-REI se utilizarán para cofinanciar estudios de prefactibilidad / factibilidad para proyectos, al igual que pilotos de H2V debidamente seleccionados.

En el marco de este componente, se prevén medidas específicas para garantizar la igualdad de género, incluido i) el apoyo a la aplicación del Plan de Acción de Género y Diversidad de FENOGÉ; (ii) actividades de capacitación para aumentar los conocimientos técnicos de las mujeres sobre energía limpia, producción y conversión de hidrógeno, tecnologías de hidrógeno, almacenamiento, sostenibilidad y oportunidades en los mercados financieros, entre otros; la promoción de la participación de la mujer en la fuerza de trabajo en el sector mediante programas de empleo y cualificaciones dirigidos a las mujeres y otros programas sociales; (iv) pilotos de programas de tutoría para empoderar a las mujeres en puestos gerenciales junior e intermedios en hidrógeno verde; y iv) la selección de proveedores dispuestos a promover la igualdad de género.

Resultados previstos:

- 4 proyectos de H2V diseñados y listos para solicitar financiamiento

Tipos de tecnologías habilitadoras

La cofinanciación CIF-REI podrá apoyar las siguientes tecnologías:

Electrificación rural: Se requiere forjar alianzas público-privadas (APP) para apalancar los recursos necesarios para alcanzar el Objetivo No. 7 de los ODS. En materia de energía accesible y no contaminante a 2030, el Gobierno de Colombia ha venido estructurando un plan para promover la participación del sector privado en la provisión de estas soluciones a través de APPs que serían adjudicadas mediante procesos de subasta pública. El diseño de las APP incluye requisitos técnicos y financieros, estructura del contrato y tarifas para la remuneración de la inversión. Por su parte, el empoderamiento de comunidades a ser beneficiadas de estas soluciones facilitará el desarrollo de actividades productivas de las economías populares, en los que las fuentes naturales de energía renovable (ej. el recurso solar) puedan ser apropiadas, mediando una tecnología a ser remunerada de manera justa al inversionista, para beneficio final de los usuarios.

Por otro lado, con 269 MW de capacidad de generación basada en diésel frente a solo 26 MW en soluciones actuales basadas en energía renovable en las ZNI, el MME y el IPSE han identificado la necesidad de sustituir progresivamente las soluciones existentes basadas en diésel por otras basadas en FNCER (ej. fuentes solar y biomasa). Para ello, el MME ha estado trabajando en la priorización de localidades donde este tipo de sustitución puede empezar a ser implementada y se han comenzado a estructurar soluciones específicas para tres comunidades en Chocó y Valle del Cauca, con el objetivo de que estas se lleguen a implementar con participación del sector privado. Si esos proyectos piloto tienen éxito, el Gobierno busca poderlas replicar en todo el país.

Programas de implementación de AMI. Se buscará propiciar condiciones que ofrezcan flexibilidad del lado de la demanda y permitan obtener reducciones de costos en el sistema a través de mecanismos de respuesta de la demanda a ser habilitados a través de proyectos de masificación de AMI a ser financiados por CIF-REI, reduciendo su costo total de ejecución. Los beneficios de la masificación total de AMI podrán ser de aproximadamente US\$42 millones para 2030, aumentando a US\$429 millones para 2040 y US\$726 millones para 2050. Además, un escenario de descarbonización del 100% del sistema eléctrico para 2040 con redes inteligentes y energías renovables no convencionales muestra que los beneficios a obtener tendrían un valor presente neto de US\$ 4 mil millones para 2040. Adicionalmente, el despliegue de esta infraestructura permitirá un mayor involucramiento y conciencia de los usuarios con la producción y uso de la energía, brindando la posibilidad de desarrollar mercados de generación y venta a precios competitivos, dando paso al surgimiento de prosumidores y actores activos dentro de un mercado de la energía democratizado y abierto que brinde espacio para la creación y participación dinamizadora de comunidades energéticas.

Tecnologías de transmisión y flexibilización de la red: El programa financiará nueva infraestructura que permita la integración de una participación cada vez mayor de proyectos con FNCER en el SIN, incluyendo entre ellas:

- Líneas de transmisión asociadas a proyectos con FNCER.
- Tecnologías de almacenamiento de energía como baterías, incluyendo tanto el caso de soluciones distribuidas como de proyectos de gran escala, que reduzcan el número de eventos con que proyectos con FNCER variables no puedan ser despachados.
- Tecnologías que ofrezcan estabilidad al sistema dentro de los parámetros de funcionamiento establecidos en respuesta a variaciones en tensión, frecuencia o potencia reactiva, inducidas

por generación con FNCER. Estos pueden incluir STATCOM, FACTS, DFACTS y sistemas de compensación sincrónicos similares, entre otras posibles tecnologías.

Electromovilidad: La electrificación del sector transporte representa el eje central de la descarbonización de dicho sector, al tiempo que un gran mercado potencial para el consumo y la gestión de volúmenes crecientes y excedentes de generación con FNCER variables. El MME, el Ministerio de Transporte, la UPME y el DNP, con el apoyo de los BMD y otros donantes, han venido procurando condiciones de política pública propicias para la masificación del uso de vehículos eléctricos. La estrategia a corto y medio plazo para esto incluye el rápido desarrollo de:

- Infraestructura de carga.
- Reemplazo de flotas incluyendo las categorías tanto de transporte público urbano, intermunicipal e interdepartamental como de transporte de carga (ej. buses, camiones y aún vehículos oficiales).
- Trenes, tranvías o sistemas metro de propulsión eléctrica (considerando proyectos avanzados en ciudades principales como Bogotá y Medellín).

Un estudio reciente del MME y el DNP, financiado por el BID, propone cinco posibles modelos de negocio diferentes para el despliegue de infraestructura de carga rápida y semi-rápida de VE, con la participación combinada o exclusiva de financiamiento público y/o privado. El estudio también ha venido estructurando dos primeros pilotos en los que se implementarán estaciones de carga bajo uno o dos de estos modelos, en una ciudad principal y un punto intermedio en una vía o autopista conectora entre dos grandes ciudades. Una vez definido el mejor modelo de negocio a utilizar, se requerirá proceder con la implementación del financiamiento necesario.

Por su parte, la construcción de nuevos sistemas de transporte masivo de tracción eléctrica como sistemas de trenes ligeros, elevados, tranvías y sistemas metro en ciudades principales del país, podrán ser valorados para su financiamiento, en la medida en que contribuyan a la generación de nueva demanda eléctrica que soporte la integración de FNCER en el SIN³⁴.

Hidrógeno verde y otras nuevas tecnologías: La descarbonización local de los sectores de industria y transporte, como dos de los sectores con mayores emisiones GEI asociadas a su consumo energético (con 13,1 MtCO₂eq y 37,5 MtCO₂eq producidos en 2018, respectivamente), requiere de soluciones alternativas para la sustitución de combustibles fósiles. Colombia ha comenzado recientemente a trabajar en el desarrollo de la producción de hidrógeno de bajas emisiones, con base en su Hoja de Ruta de H₂ producida en 2021. De igual manera, a partir de 2022 se cuenta con una Hoja de Ruta para la Energía Eólica Costa Afuera que presenta un gran potencial de generación (50 GW) a ser utilizado en parte para la generación de H₂V. A fin de que los primeros hitos y metas allí establecidos puedan ser alcanzados en el año 2030, se requieren altas inversiones, pudiendo el financiamiento concesional desempeñar un papel catalizador para facilitar tales inversiones y atraer la participación del sector privado, junto con el cofinanciamiento y las subvenciones del sector

³⁴ Esto es, bien sea tomando energía proveniente de FNCER de la red, o instalando sistemas FV propios en las estaciones o vías para suplir parte del consumo de los trenes y estaciones como se viene haciendo en este tipo de sistemas de transporte masivo en algunos países (El Colombiano, 2022; Delta Electronics India, 2021; Climate Action, 2017).

público (por ejemplo, a través de fondos como FENOGÉ y el financiamiento de empresas de propiedad público-privada como Ecopetrol).

El programa CIF-REI proporcionará financiamiento concesional y AT no reembolsable para H2V a ser usado para: i) Proporcionar una "ventana de oportunidad" a través de la cual se puedan reducir los costos del proyecto de H2V afectando positivamente la asequibilidad del sector energético para los consumidores. Esto permitirá que proyectos futuros puedan ser desarrollados a menores costos; ii) Crear capacidad entre los bancos locales para financiar esta tecnología y desarrollarla a futuro; iii) Crear capacidad entre la industria local para adquirir, desplegar y realizar inversiones de capital en H2V; y iv) Fomentar la confianza del público en H2V para crear demanda en el mercado.

Asimismo, los recursos CIF-REI podrán ser utilizados para el apoyo a proyectos con FNCER que representen la entrada de nuevos agentes al mercado eléctrico Colombiano, que de otra manera no resultaría posible pajo esquemas de *project finance*.

V. Plan e Instrumentos de Financiamiento

Presupuesto solicitado para inversión

Esta sección presenta el plan de financiamiento propuesto para la implementación de los programas a ser apoyados por el Programa CIF-REI para Colombia, incluyendo costos y fuentes de financiamiento. La partida presupuestal solicitada para este Plan de Inversión (PI) asciende a la suma de US\$ 70 millones, de los cuales US\$ 66,5 m. corresponderán a recursos concesionales y US\$ 3,5 m. a recursos de donación para ser destinados a AT.

El PI propone utilizar los recursos CIF-REI para cofinanciar dos componentes correspondientes a: i) un Programa de Financiamiento de Transición Energética con Bancóldex y la FDN; y ii) el Programa +H2 Colombia que ha comenzado a ser desarrollado por FENOGÉ desde 2022.

Fuente de financiación →		CIF-REI (a través de BID)			Apalancamiento		
Componentes ↓		Bancóldex			BID	CTF	Recursos propios de Bancóldex. FDN y FENOGÉ. BID Invest. capital y/o préstamos comerciales
Componentes ↓ / EI →		Bancóldex	FDN	FENOGÉ	Bancóldex y FDN	Bancóldex	Bancóldex, FDN y FENOGÉ
1	Financiación de la transición energética	US\$34 m. (US\$33,25 m. concesional* + 0,75 m. AT**)	US\$34 m. (33,25 m. concesional* + 0,75 m. AT**)		US\$79 millones.	US\$5,0 m. (3,5 m. concesional* + 1,5 m AT**)	US143,3 m.
2	+H2 Colombia			US\$2 millones (AT**)			US\$ 2,7 m.
Subtotal		US\$70 millones.			US\$230 millones.		
TOTAL		US\$300 millones (70 m. concesional + 5 m. AT + 225 m. capital ordinario y de terceros)					

* Concesional: condiciones correspondientes a tasa de interés de 0.98%, hasta 20 años de plazo y 8 años de periodo de gracia

** AT: recursos no reembolsables provenientes de CIF-REI y CTF

Tabla 3 se presenta la forma en que CIF-REI movilizará y apalancará la financiación necesaria para desarrollar esos dos componentes.

Fuente de financiación →		CIF-REI (a través de BID)			Apalancamiento		
Componentes ↓		Bancóldex			BID	CTF	Recursos propios de Bancóldex. FDN y FENOGE. BID Invest. capital y/o préstamos comerciales
Componentes ↓ / EI →		Bancóldex	FDN	FENOGE	Bancóldex y FDN	Bancóldex	Bancóldex, FDN y FENOGE
1	Financiación de la transición energética	US\$34 m. (US\$33,25 m. concesional* + 0,75 m. AT**)	US\$34 m. (33,25 m. concesional* + 0,75 m. AT**)		US\$79 millones.	US\$5,0 m. (3,5 m. concesional* + 1,5 m AT**)	US\$143,3 m.
2	+H2 Colombia			US\$2 millones (AT**)			US\$ 2,7 m.
Subtotal		US\$70 millones.			US\$230 millones.		
TOTAL		US\$300 millones (70 m. concesional + 5 m. AT + 225 m. capital ordinario y de terceros)					

* Concesional: condiciones correspondientes a tasa de interés de 0.98%, hasta 20 años de plazo y 8 años de periodo de gracia

** AT: recursos no reembolsables provenientes de CIF-REI y CTF

Tabla 3. Plan indicativo de financiamiento para CIF-REI Colombia

Costos y fuentes de financiamiento

Los recursos CIF-REI serán asignados a través del BID y canalizados a través de Bancóldex, la FDN y FENOGE.

Componente 1: Financiamiento para apoyar la transición energética de Colombia (US\$79 millones. BID; US\$5 m. CTF; US\$68 m. CIF-REI; US\$143.3 m. otros). Se propone el financiamiento de CIF-REI para cofinanciar un programa de Transición Energética con Bancóldex y la FDN. En el caso de Bancóldex, dicho programa fue aprobado por el Directorio del BID en diciembre de 2021 y se espera que pueda ser firmado antes de finalizado 2022. Bancóldex utilizará los recursos del BID, CTF y CIF-REI para reducir sus costos de financiamiento y alargar los períodos de préstamo, así como para diversificar sus fuentes de financiación, respondiendo mejor a las necesidades de financiamiento de los inversionistas privados y públicos en energía sostenible y movilidad eléctrica en Colombia. En el caso de la FDN, el programa será concebido con el apalancamiento inicial del BID para financiar las tecnologías priorizadas bajo el programa. Cada entidad implementadora (EI) recibirá US\$34 millones de CIF-REI (US\$33,25 millones de financiamiento concesional y US\$0,75 millones de AT) que se utilizarán para financiar proyectos que cumplan con todos los criterios de elegibilidad del programa. En el caso de Bancóldex, el financiamiento de CTF (US\$3.5 millones en financiamiento concesional y US\$1,5 millones en financiamiento de donación) apoya específicamente proyectos de almacenamiento de baterías. También se espera que este programa cuente con US\$143,3 millones

en cofinanciamiento de terceros (incluyendo capital tipo *equity*, financiamiento de bancos comerciales, BID Invest u otras instituciones financieras internacionales).

En el caso de los fondos no reembolsables del programa CIF-REI se espera que hasta el 1% del monto de la partida presupuestal total de recursos puedan ser usados para la cobertura de préstamos en moneda local, ascendiendo tal suma a US\$700k.

Los beneficiarios del financiamiento bajo este programa serán compañías, entidades privadas, entidades públicas o de propiedad público-privada, alianzas público-populares, privado-populares o público-privado-populares que cumplan con los criterios de elegibilidad del programa y las políticas de salvaguarda ambiental y social del BID.

Los costos, tarifas y condiciones financieras aplicables a los recursos CIF-REI al momento de su desembolso a Bancóldex y la FND, corresponderán a las condiciones y términos financieros de los CIF publicados en noviembre de 2020³⁵, complementados por las Modalidades Operacionales para Nuevos Programas Estratégicos del CIF, publicadas en abril de 2020³⁶.

Componente 2: +H2 Colombia (US\$1,7 m. FENOGE; US\$2 m. CIF-REI; US\$1 m. otros). Los recursos de AT del CIF-REI serán canalizados a través del BID y ejecutados por FENOGE para cofinanciar estudios de prefactibilidad/factibilidad para proyectos de H2V, así como pilotos. FENOGE aportará US\$1,7 millones de sus propios recursos, y se espera que otros cooperantes bilaterales contribuyan con al menos US\$1 millón.

Los beneficiarios de los recursos de este programa serán empresas privadas, públicas o de propiedad público-privada interesadas en desarrollar proyectos de H2V. Conforme con las directrices del Programa +H2 Colombia, los beneficiarios deberán contribuir con al menos el 10% del costo de los estudios.

VI. Actividades adicionales de desarrollo

Actividades paralelas que serán financiadas por otros cooperantes para el desarrollo

Algunas actividades relevantes relacionadas con aquellas a ser financiadas por el programa CIF-REI comprenden con las siguientes:

- **En el campo de las soluciones energéticas con FNCER para ZNI, el BID ha venido colaborando con el Gobierno de Colombia en la identificación de modelos de negocio que habiliten el desarrollo de esquemas de sustitución a la generación actualmente basada en diésel, abriendo el camino para estructurar soluciones que los recursos de CIF-REI podrían financiar.** Adicionalmente, la FDN ha venido evaluando y estructurando posibles mecanismos de subasta para ampliar la cobertura del servicio a través de sistemas fotovoltaicos independientes y / o soluciones de microrredes basadas en FNCER. Para finales de 2022 se espera que los resultados de las consultorías que han venido adelantando ese ejercicio estén listos. Con esto se espera

³⁵ Disponible en:

https://climateinvestmentfunds.org/sites/cif_enc/files/meetingdocuments/joint_ctf_scf_cif_financial_terms_and_conditions_nov_10_0.pdf

³⁶ Disponible en:

https://www.climateinvestmentfunds.org/sites/cif_enc/files/meetingdocuments/joint_ctf_scf_22_4_cif_operational_modalities_new_programs_final_0.pdf

que el Gobierno cuente con las herramientas necesaria para implementar esquemas de subasta que incorporen la participación y financiamiento por parte de capital privado en el desarrollo de soluciones de electrificación rural sostenible, aportando al logro de acceso universal a la energía ambicionado para 2030. Con el apoyo financiero de UK-PACT, GGGI también ha estado ofreciendo asistencia al MME y al IPSE, al igual que a entidades subnacionales y a desarrolladores privados que promueven soluciones de energía sostenible que resultan accesibles para las comunidades rurales y los hogares vulnerables, en consonancia con las políticas estatal en tal sentido.

- **CarbonTrust brinda asistencia técnica a la UPME y al MME en el despliegue de redes inteligentes en Colombia desde 2019, gracias al financiamiento proporcionado por UK Pact.** A 2022 no se conoce de información sobre otros donantes o entes de cooperación que proporcionen subvenciones o fondos concesionales a proyectos piloto de AMI, los cuales hasta el momento han sido desarrollados básicamente por los principales operadores de red.
- **Las entidades financieras multilaterales y bilaterales con acceso directo al sector privado incluyendo BID Invest, IFC, KfW y AFD están trabajando actualmente en el financiamiento o identificación de proyectos para financiamiento en las áreas de H2V, energía eólica costa afuera, líneas de transmisión de integración regional, AMI y movilidad eléctrica.** Al mismo tiempo, AFD, GIZ, USAID, PNUD, KEXIM, CAF, BID y BM actualmente brindan asistencia técnica al MME y FENOGÉ para la implementación de la Hoja de Ruta de Hidrógeno para Colombia³⁷. Con respecto al desarrollo eólico costa afuera, el BM está apoyando al MME en el desarrollo de condiciones habilitantes, definiendo los pasos a seguir para el desarrollo de los primeros proyectos de este tipo en Colombia. **En lo que respecta a nuevos proyectos de transmisión que permitan la integración de márgenes crecientes de energía renovable, y otras tecnologías que han de ofrecer capacidades de flexibilidad mediante su integración al sistema, el BM ha proporcionado AT a la UPME en el desarrollo de los estudios que permitirán el desarrollo de una primera línea de transmisión HVDC que conecte la Guajira con el SIN central.** En el caso del primer proyecto de almacenamiento a gran escala a ser desarrollado en Colombia, bancos comerciales han ya proporcionado facilidades de financiamiento para el desarrollo de dicha primera infraestructura que se espera entre en operación en 2023³⁸. Además, actualmente se están desarrollando tres soluciones de DFACTS en la región Guajira – Cesar – Magdalena, para permitir una operación adecuada del sistema conforme los análisis realizados por la UPME dentro del último plan de expansión, considerando el ingreso de tres parques eólicos específicos que se espera entren en operación en los próximos años.
- **Por su parte, la propuesta de un Proyecto de Apoyo NAMA (NSP) formulada en 2018 por WWF para facilitar condiciones habilitantes para la promoción de la electromovilidad en Colombia se mantiene vigente aun cuando no cuenta actualmente con financiamiento.** Esta propuesta liderada en su momento por El Ministerio de Transporte y el MME, que solicitaba un monto de EUR 19.6 millones del NAMA Facility, avanzó en su preparación detallada siendo completada en

³⁷ El detalle sobre las actividades que cada uno de estos socios de cooperación ha llevado a cabo recientemente o está llevando a cabo actualmente en relación con el hidrógeno de bajas emisiones y otras áreas de apoyo de relevancia para esta P puede ser consultado en el Anexo VI.

³⁸ <https://elnorte.com.co/index.php/2022/04/26/scotiabank-otorga-credito-a-empresa-que-desarrollara-proyecto-de-almacenamiento-de-baterias-en-atlantico/>

2021. Aun cuando la propuesta no fue aprobada para fondeo para implementación por parte del NAMA Facility, la propuesta alcanzó a elaborar sobre posibilidades de financiamiento del transporte eléctrico en segmentos como el de vehículos de última milla, flotas de taxis y transporte público y el desarrollo de infraestructura de carga a ellos asociada. Es por esto que el Gobierno de Colombia, en cabeza del Ministerio de Transporte y el MADS, prevén aun la posibilidad de presentar este proyecto para su financiación por parte de otros fondos mundiales que apoyan la electromovilidad y el transporte sostenible.

- **Finalmente, una propuesta de Proyecto de Apoyo NAMA (NSP) para apoyar la producción y el uso de hidrógeno verde para la descarbonización del sector industrial ha sido desarrollada por el Grupo BID.** Este NSP presentado en abril de 2022 solicitó del NAMA Facility una subvención por EUR 25 millones, de los cuales EUR 23,25 millones serían dispuestos para brindar apoyo financiero a proyectos elegibles de H2V, y EUR 1,75 millones serían destinados a AT. Para esto se identificaron potenciales proyectos que podrían requerir hasta EUR 337 millones en financiación adicional para ser ejecutados antes de 2030. El pipeline de proyectos tentativos considerado contempló la producción de fertilizantes verdes (a través de HG2 para la producción de amoníaco y urea), el uso de mezclas de gas natural y H2V en la fabricación de metales no ferrosos, la sustitución de hidrógeno amarillo con H2V para la hidrogenación de aceite vegetal, la galvanización de acero y la fabricación de vidrio flotado. El esquema también consideró el apoyo a un proyecto piloto de montacargas con celdas de combustible, además de la estructuración de proyectos de mayor escala en las industrias cementera y siderúrgica, para su desarrollo con posterioridad a 2030. El NAMA Facility no seleccionó este proyecto para financiamiento en la ronda 2021-2022, pero la propuesta podrá ser reformulada para acudir nuevamente a esta u otras posibles fuentes de financiamiento.

VII. Potencial de implementación y evaluación de riesgos

La implementación del Plan de Inversión del CIF-REI propuesto para Colombia evidencia oportunidades para inversionistas, siempre y cuando los recursos del programa puedan ser desembolsados y colocados en condiciones financieras competitivas. Al mismo tiempo, tal implementación enfrenta riesgos asociados con los términos financieros puntuales a ser logrados, la novedad de las tecnologías, la solvencia de los prestatarios, el desarrollo regulatorio, los posibles impactos ambientales y sociales, y la estabilidad política general.

Términos financieros.

El sector energético, lo mismo que las instituciones financieras en Colombia, son fuertes. Existe un historial de experiencia positiva en la recepción de recursos, tanto reembolsables como no reembolsables y en su satisfactoria ejecución. Sin embargo, existe un alto riesgo de que la demanda de préstamos para el caso del programa CIF-REI termine siendo menor a la esperada, a causa de que las condiciones financieras que puedan ser ofertadas por las entidades implementadoras no resulten atractivas a los potenciales inversionistas. Lo anterior, teniendo en cuenta la tendencia histórica de depreciación de la moneda local (COP) y la volatilidad frente al dólar americano (US\$), lo cual hace que la aceptación de deuda en US\$ represente un alto costo para las instituciones financieras locales y los eventuales sub-prestatarios (desarrolladores), pues el pago de préstamos

en COP para cubrir préstamos en US\$ puede verse fuertemente incrementado en el tiempo, y las opciones de cobertura cambiaria resultan igualmente costosas. Luego, solo el recibo de los recursos CIF-REI en moneda local mitigaría este riesgo, salvaguardando su concesionalidad. Además, es de reconocer la probabilidad, aunque baja, de que algunos sub-prestatarios pudieran enfrentar falta de solvencia crediticia o incapacidad para cumplir con sus obligaciones ante los bancos implementadores, lo cual les impediría la posibilidad de acceder a los recursos. Luego, a fin de reducir dicho riesgo, los préstamos tendrían que estar asegurados de colateral o garantías específicas.

Tecnología.

El desarrollo de soluciones con FNCER en ZNI, las cuales se basan en tecnologías maduras como la solar FV, así como la infraestructura de carga de vehículos eléctricos y el despliegue de AMI, no representan un alto riesgo tecnológico basado en el conocimiento de la tecnología y la experiencia de pilotos y proyectos locales y/o internacionales. Sin embargo, la tecnología del H2V es una que, al no ser conocida ampliamente a nivel local, conlleva un alto riesgo tecnológico considerando la ausencia de un historial de proyectos, una disponibilidad comercial reducida, e incertidumbre o desconocimiento real frente a parámetros como el rendimiento general y la vida útil de los activos a ser instalados. Asimismo, es de tener en cuenta que, aunque existen experiencias internacionales con la construcción y operación de líneas HVDC, Colombia actualmente no cuenta con ninguna experiencia en esa materia, lo que hace de esta una tecnología novedosa junto con los riesgos que ello implica. Por lo tanto, ha de resultar necesaria la participación de firmas extranjeras especializadas en estas tecnologías, así como la transferencia de conocimiento y tecnología, y el desarrollo de capacidades técnicas, comerciales y de apoyo local para mitigar este tipo de riesgo tecnológico.

Nueva regulación.

En Colombia existe un robusto marco legal y regulatorio respaldado por instituciones sólidas. El entorno regulatorio general es positivo, como bien lo señalan *Climatescope* (2021) y el *Ease of Doing Business* (2020). Sin embargo, hay áreas en las que la regulación requiere ajustes y definiciones, como son por ejemplo el caso de la estandarización técnica y de modelos de remuneración para el despliegue de infraestructura de carga de vehículos eléctricos, la masificación de AMI, la adopción de nuevos modelos de negocio para las ZNI y el desarrollo del H2V. Posibles retrasos en los procesos de definición de la reglamentación previstas en estos campos podría poner el riesgo la ejecución de proyectos en esas áreas, por lo cual se requiere y considera existe un alto compromiso del Gobierno Nacional para que las normas y regulaciones pertinentes sean anunciadas y dispuestas de manera oportuna.

Impactos ambientales y sociales.

El posible inadecuado manejo o disposición final de elementos como baterías, celdas de combustible, celdas de electrólisis o paneles fotovoltaicos, representa un peligro ambiental que debe ser considerado y abordado. Las medidas de mitigación a ser dispuestas deberán incluir la clasificación de los componentes a ser reutilizados, reciclados y desechos cumpliendo con las regulaciones nacionales e internacionales aplicables, lo mismo que las políticas de salvaguardas propias de los BMDs. Por ejemplo, el agua utilizada para la producción de H2V podría eventualmente

afectar la disponibilidad de agua para otros usos (como agricultura, consumo humano y animal) dependiendo de la ubicación del proyecto y las fuentes usadas. Por lo tanto, los estudios de viabilidad de los proyectos deben identificar estos riesgos y formular y garantizar la aplicación de medidas de mitigación apropiadas.

Asimismo, dependiendo de la escala y ubicación de los proyectos, los tiempos de solicitud y obtención de licencias o permisos ambientales, así como los procesos de consultas previas, deberán ser tenidos en cuenta en el planeamiento y ejecución de los proyectos, contemplando los retrasos que estos procesos pueden ocasionar sobre el esperado desarrollo de los mismos, en especial teniendo en cuenta nuevas salvaguardas a entrar en vigencia en el futuro cercano, como las derivadas de la reciente aprobación del Acuerdo de Escazú por parte del Congreso de la República de Colombia.

De otra parte, con el despliegue de nueva tecnología como ha de darse con la masificación de AMI, algunas personas podrán ver en riesgo o perder sus trabajos asociados con tareas como la lectura de medidores y los procedimientos de desconexión y reconexión de usuarios. Sin embargo, la capacitación del personal para asumir nuevas funciones y oportunidades de empleo en el mantenimiento y operación de esta nueva infraestructura, ha de contribuir a mitigar tal impacto social. En otro frente, la electrificación rural podría llegar a causar afectaciones a la cultura y costumbres de ciertas comunidades por ser beneficiadas con este servicio en las ZNI. Por lo tanto, la adecuada realización de consultas inclusivas y participativas con estas comunidades ha de garantizar la adecuada estructuración y ejecución de proyectos que respondan a sus necesidades sin producir efectos contraproducentes.

Estabilidad política.

La coyuntura de enfrentar un reciente cambio de Gobierno puede generar un estado general de caución y percepción de riesgo para algunos inversionistas. Sin embargo, las prioridades y objetivos anunciados por la nueva administración gubernamental en términos de considerar la transición energética y el cambio climático como pilares fundamentales de la política de Estado a sostener y desarrollar más a fondo en adelante, se alinean completamente con el Plan de Inversiones del programa CIF REI reducen este tipo de riesgo significativamente.

La siguiente tabla resume los riesgos así identificados y considerados, junto con las acciones de mitigación propuestas ligadas a una evaluación cualitativa del riesgo residual esperado:

Riesgo	Descripción / Mitigación	Riesgo Residual
Términos financieros	La tendencia a la depreciación de la moneda local (COP) a lo largo del tiempo hace que los préstamos en dólares americanos (US\$) representen altos costos transaccionales en el manejo del riesgo cambiario, en comparación con los préstamos directos en moneda local. Por tanto, el préstamo de recursos CIF-REI en moneda local mitigaría este riesgo. Si esto no resulta posible, el riesgo residual remanente se considera será Alto.	Mod
	Los prestatarios finales podrían enfrentar una falta de solvencia crediticia o una incapacidad para cumplir con los requisitos de los	Bajo

	BMD y los BND para acceder a los recursos del CIF-REI. En este sentido, los préstamos tendrán que garantizarse a través de colaterales o garantías específicas.	
Tecnología	Si bien las soluciones con FNCER en ZNI, así como la infraestructura de carga de vehículos eléctricos y el despliegue de AMI no representan riesgos o incertidumbres tecnológicas considerables, los proyectos con H2V y HVDC sí revisten tal riesgo para el contexto colombiano. Será necesaria la participación de empresas internacionales de ingeniería especializada, así como la transferencia de conocimiento para el desarrollo de capacidades locales.	Bajo
Regulación	Los retrasos en la definición de nuevas regulaciones podrían poner en peligro la masificación del despliegue de AMI, así como el de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, soluciones de electrificación rural en ZNI con participación de privados y/o actividades de desarrollo del H2V. Se requiere un alto compromiso del Gobierno Nacional para producir estos desarrollos normativos y regulatorios de manera oportuna.	Bajo
Medioambiental	El manejo inapropiado de elementos como baterías, celdas de combustible, electrolizadores u otros, representan un potencial peligro ambiental. Las medidas de mitigación para gestionar este riesgo incluyen la adecuada reutilización, reciclaje y eliminación de estos y otros elementos, dando cumplimiento a estrictas regulaciones y a las políticas y salvaguardas de los BMD en este sentido. El uso de H2V podría reducir la disponibilidad de agua para otros usos, por lo que los estudios de viabilidad deben incluir asentamientos y medidas de mitigación adecuadas. De otro lado, los tiempos y complejidad asociados a la obtención de licencias y permisos ambientales, en línea con la reglamentación vigente aplicable, deben ser tenidos en cuenta para evitar que posibles retrasos atenten contra la viabilidad y buen desarrollo de los proyectos.	Bajo
Social	Con la implementación de AMI, el personal que realiza tareas de lectura de medidores y desconexión y reconexión de usuarios podría perder su trabajo. La capacitación de este personal para su empleabilidad en labores como el mantenimiento de la nueva infraestructura podría mitigar tal impacto social. En el caso de la electrificación rural, la adecuada consulta e involucramiento de las comunidades a ser beneficiadas ha de permitir la provisión de soluciones que respondan a sus necesidades sin ocasionar efectos contraproducentes. Los proyectos deberán tener en cuenta los tiempos y retos asociados a los procesos de consulta previa, a fin de prever eventuales retrasos y evitar que estos impacten de manera contundente su buen curso.	Bajo
Estabilidad política	La alineación del Plan de Inversiones CIF-REI con las políticas estatales prioritarias reafirmadas por el nuevo Gobierno de cierta manera garantiza o respalda la protección de las inversiones propuestas.	Bajo

Capacidad de absorción para el Programa REI y las inversiones asociadas

Como se mencionó anteriormente, el CONPES 4023/21 definió un plan de reactivación económica del Gobierno para el periodo 2021-2026, que incluye los sectores de energía y transporte, y contempla inversiones del orden de US\$4,7 mil millones (COP 18,9 billones) para acelerar la transición energética del país y la descarbonización del sector transporte. Este plan tiene la capacidad de absorber el Plan de Inversión CIF-REI propuesto por US\$70 millones. El contexto macroeconómico nacional, junto con un marco legal y regulatorio integral le permiten al país recibir financiamiento en condiciones favorables y cooperación de asistencia técnica para apoyar su transición energética.

Tanto el sistema financiero de Colombia como las capacidades de ejecución de los desarrolladores locales están en la capacidad de enfrentar los requerimientos de capital y la magnitud de los proyectos ambicionados, en línea con la recuperación económica y las disposiciones del crecimiento verde sostenible. Además, la oferta de recursos concesionales a través del programa CIF-REI, dirigido a inversiones específicas, representa una clara señal para los inversionistas de aquellos pilares en los que el país pretende acelerar su desarrollo.

El hecho de que el país se ubique entre los países mejor calificados del mundo en términos de transformación económica (No. 31 de 137) según el Índice de Transformación de BTI 2022³⁹ y otras categorías relacionadas (por ejemplo, la posición No. 50 de 137 en buena gobernanza), ilustra condiciones favorables para atraer inversión local y extranjera. El puesto número 67 entre 190 países en el índice de facilidad para hacer negocios (2020) y el 13 entre 107 países en el índice *ClimateScope* 2021 de *Bloomberg* contribuyen a dicha evidencia.

VIII. Seguimiento y evaluación

Las instituciones financieras locales como Bancóldex y la FDN serán los prestatarios y las Entidades Implementadoras (EI), actuando como bancos intermediarios para la asignación adecuada de los recursos CIF-REI. Los sub-prestatarios ejecutarán proyectos asociados con el Plan de Inversiones propuesto. El programa seguirá los procedimientos generales de los BMD para monitorear y evaluar las operaciones de inversión sobre la base de los indicadores establecidos en el Marco Integrado de Resultados del Programa. El programa será monitoreado a través de Informes periódicos de Monitoreo de Proyectos (PMR) preparados por las EI, sobre la base de la información y el desempeño de implementación reportados para cada proyecto por parte de los sub-prestatarios. Los BMD realizarán visitas regulares para apoyar y monitorear la ejecución del programa. Los contratos de subpréstamos entre las EI y los sub-prestatarios incluirán detalle de la información, la periodicidad y otra documentación a ser asegurada para cumplir con los requisitos de monitoreo y presentación de informes.

Los estados financieros del programa serán auditados de acuerdo con el procedimiento previamente acordado con los BMD y su costo será cubierto por las EI. Las EI presentarán dentro de los 120 días posteriores al final de cada año fiscal del proyecto, durante el período de desembolso

³⁹ <https://bti-project.org/en/reports/country-report/COL>

original, o sus extensiones, los estados financieros auditados del programa, debidamente firmados / respaldados por una firma de auditoría independiente aceptada por los BMD.

Análisis de sistemas energéticos completos

Se espera que las inversiones propuestas en el marco de este PI tengan un efecto transformador positivo sobre el sector energético de Colombia, de la siguiente manera:

- El sector privado participará con éxito en el despliegue de soluciones de acceso a la energía renovable en las comunidades rurales sin acceso a la red, brindando un rol de participación activa a los usuarios que puedan desarrollar esquemas de comunidades energéticas con actividades productivas y alianzas público, privadas y populares.
- La infraestructura de AMI será implementada masivamente, para luego ser potencializada para beneficio del sistema y sus usuarios a través de esquemas de futuros esquemas de tarifas horarias, respuesta de la demanda, y otras reducciones de costos, permitiendo su participación activa y su posible asociación a través de comunidades energéticas
- Nuevas líneas de transmisión podrán ser construidas y la instalación de sistemas de compensación de potencia reactiva añadirán flexibilidad a la red y facilitarán la integración de márgenes crecientes de FNCER.
- La infraestructura pública de carga de vehículos eléctricos necesaria para habilitar el crecimiento de la flota de VE para cumplir las metas a 2030, será desplegada y operada bajo esquemas que resulten financieramente viables, a la vez que se promueve la electrificación de sistemas de transporte público masivo y la sustitución de flotas de vehículos de carga
- El H2V comenzará a desempeñar un papel importante en la descarbonización de la industria a través de su lenta pero progresiva sustitución de los combustibles fósiles, contribuyendo potencialmente también a la descarbonización del transporte pesado, y permitiendo la utilización de excedentes de generación variable proveniente de FNCER.

Impactos anticipados a nivel de programa

El PI propuesto contribuirá a la NDC de Colombia al permitir la reducción de 1,29% del total de la mitigación de emisiones de GEI esperada para el sector eléctrico a 2030⁴⁰. Además, el PI ayudará al plan del Gobierno⁴¹:

1. Contribuyendo a alcanzar el acceso universal a la electricidad reduciendo hasta 4.1% de la brecha existente.
2. Desplegando hasta 2,3% de todo el proyecto de infraestructura AMI previsto para 2030.

⁴⁰ El 1.29% corresponde con las reducciones previstas de emisiones GEI, correspondientes a 100 kt CO₂eq/año, en comparación con 7.73 millones de toneladas de CO₂eq/año de reducciones totales esperadas por parte del sector eléctrico para cumplir con la NDC a 2030 (basado en cifras del PIGCCme). Los resultados de tal reducción de emisiones GEI pueden variar conforme las decisiones de los sub-prestarios.

⁴¹ Como resultado de la implementación de este PI, cifras preliminares suponen que gracias a los recursos CIF-REI y los recursos apalancados, unos 16,700 usuarios recibirán soluciones de acceso eléctrico con FNCER, en tanto que 278,300 medidores avanzados serán instalados, y unas 856 Toneladas H₂V/año serán producidas a 2030. Las metas nacionales a 2030 incluyen 400.000 nuevos usuarios por ser atendidos con servicio eléctrico para lograr el acceso universal a la electricidad, 12.348.000 contadores inteligentes a ser instalados (75% de todos los usuarios del SIN), y producción de 70KT H₂V/año. Los resultados de estas contribuciones podrán variar conforme las decisiones finales de los sub-prestarios.

3. Permitiendo alcanzar 154.500 VEs a 2026. que representan aprox. 2,5% de penetración de la flota.
4. Produciendo hasta 1,2% de la producción total esperada de H2 para 2030.

Marco integrado de resultados

Los resultados previstos a nivel de programa incluirán:

- Electrificación rural en ZIN: se busca contribuir al mejoramiento de la calidad de vida y el crecimiento económico de las zonas aisladas, haciendo uso de FNCER.
- Reducción del costo total del sistema: principalmente a través de los beneficios de la infraestructura AMI que permita adoptar esquemas de tarifas horarias y otros posibles proyectos de tecnologías que brinden flexibilidad a la red.
- Transición Justa: se buscará apoyar a empresas y economías populares para incorporar esquemas de inclusión social y de género, y promover programas de productividad que beneficien a las comunidades que utilizan la ER.
- Penetración incremental de energía renovable variable en los sistemas de energía: la financiación CIF-REI permitirá el despliegue de capacidades instaladas fotovoltaicas y eólicas que sirvan tanto a las comunidades rurales como urbanas y a los esquemas de producción de H2V.
- Capital público y privado movilizado: Los recursos CIF-REI apalancarán recursos de los BMD, fondos de posibles donantes y capital propio de los desarrolladores.

RESULTADOS A NIVEL DE PROGRAMA REI (Los objetivos propuestos son indicativos. ya que los resultados finales dependerán de las decisiones de los sub-prestarios)				
Resultado	Indicador	Referencia	Objetivo	Medios de verificación
A. Mayor penetración de energía renovable variable en los sistemas de energía.	NUCLEO REI 1. Emisiones de GEI reducidas o evitadas (tCO ₂ eq / año) – directas/indirectas	0	Total 1.380 kt CO ₂ eq o 100 kt / año	Número de usuarios de ZNI atendidos a través de soluciones financiadas basadas en FNCER. # de estaciones de carga rápida y semi-rápida de VE instaladas y estimación de vehículos atendidos anualmente. Número de medidores

				inteligentes instalados y beneficios asociados (fracción) según los estudios existentes.
	Capacidad Instalada: Capacidad instalada de energía renovable variable disponible para la red (MW) – directa/indirecta	0	94 MW	MW instalados para electrificación rural. MW en asocio a la producción de H2 verde. Potencia de carga entregada en estaciones de carga de VE. Ahorros indirectos basados en medidores inteligentes instalados y otra infraestructura que brinde flexibilidad a la red.
	NUCLEO REI 3. Producción de energía renovable: Producción anual de energía renovable (MWh)	0	149.000 MWh	Electricidad producida con base en las capacidades instaladas financiadas.
	NUCLEO REI 4. Servicios de red: Aumento de los servicios de red disponibles y mejoras (#) (#)	0	295.000	# de usuarios que acceden a capacidades específicas de monitoreo y control en tiempo real tanto en SIN como en ZNI
Capital público y privado movilizado	NUCLEO REI 6. (= CIF 4). Cofinanciación: Volumen de cofinanciación apalancada (US\$)	0	US\$230 millones	Recursos efectivos usados en el financiamiento de proyectos CIF-REI

D. Mayor acceso a la energía renovable	NUCLEO REI 7. Acceso a la energía renovable: Número de mujeres y hombres. empresas y servicios comunitarios que se benefician de un mejor acceso a la electricidad y / u otros servicios energéticos modernos: directos / indirectos (Número de personas)	0	16.700 nuevos usuarios y 66.800 personas beneficiadas (a especificar por rango de edad y sexo)	Datos correspondientes a las comunidades beneficiadas a través de soluciones financiadas de acceso a energías renovables fuera de la red Número de organizaciones de las economías populares incluidas.
Reducción del costo total del sistema	NUCLEO REI 8. Costos del sistema: Reducción del costo total del sistema eléctrico (US\$)	0	US\$1,5 m. en el primer año o US\$23 m. durante la vida útil de los proyectos	# de medidores inteligentes instalados. # / escala de otros proyectos relacionados con la flexibilidad de la red. Tasas de interés concesionales vs. Comerciales.
F. Fomento de la innovación en materia de energías renovables	NUCLEO REI 9 (= CCV 1). Innovación: Número de empresas innovadoras. emprendedores. tecnologías y otras empresas que demuestran un modelo de negocio fortalecido y sensible al clima	0	4	# de iniciativas alineadas con las inversiones CIF-REI apoyadas por la subvención TA FENOGE

Seguimiento y evaluación de los aspectos de cambio transformacional, transición justa e inclusión

Los efectos del cambio transformacional, la transición justa y la inclusión social en la ejecución del Plan de Inversiones propuesto se han de evidenciar en la creación de empleos de calidad, así como su distribución, el uso de enfoques sensibles al género y el logro de impactos como la reducción de emisiones GEI y otras emisiones contaminantes. Por su parte, la electrificación rural es considerada como la actividad dentro del programa con mayor potencial para generar un impacto social

transformador a través de oportunidades de mejora de calidad de vida a ser brindadas a los usuarios finales.

El programa hará seguimiento y evaluará las actividades de transición justa, en particular con relación a avances en: i) la capacitación y el empleo de mujeres y miembros de la comunidad socialmente excluidos, por ejemplo en materia de servicios, operación y mantenimiento de las soluciones y proyectos implementados; ii) el desarrollo de actividades productivas y el crecimiento económico local debido a la electrificación rural; y iii) el número de personas que ven reemplazadas sus funciones o sustituidos sus empleos positivamente a raíz de los cambios tecnológicos introducidos.

La medida en que se logre la inclusión social de minorías étnicas, religiosas y raciales, hogares encabezados por mujeres, pueblos indígenas y comunidades locales, migrantes, jóvenes y personas con discapacidades, dependerá de los proyectos finales que sean apoyados, pero en todo caso este será un aspecto esencial para la elegibilidad y seguimiento de los proyectos, a fin de evaluar el cambio positivo de transformación logrado por el programa.

La presentación de informes también ayudará a verificar qué políticas y acciones adoptadas tienen en cuenta la inclusión y enfoques de género, que por ejemplo impliquen equidad de género en empleabilidad para funciones de instalación, operación y mantenimiento de AMI, equipos de electrólisis. etc. El monitoreo de salvaguardas, por su parte, incluirá una evaluación continua de potencial explotación sexual y violencia de género.

ANEXOS

ANEXO I. Evaluación de la capacidad de absorción del país para las actividades de integración

Contexto macroeconómico:

En 2021, Colombia presentó el mayor crecimiento económico en la región LAC, con un incremento del 10,6% en el PIB con respecto al año 2020 y un crecimiento del 2,8% en comparación con 2019 (niveles pre-COVID). Dicha recuperación vino antecedida de una contracción del 6,8% en 2020, siendo esta la más fuerte caída del PIB en la historia del país. La destacada recuperación evidenciada en 2021 se dio gracias a la demanda privada y el gradual repunte de la generación de empleo, que al cierre del año había alcanzado casi los mismos niveles pre-covid (desempleo de 11,0% en diciembre de 2021 vs 10,5% en diciembre de 2019).

Se espera que el crecimiento del PIB en el año 2022 sea de 6,3% y de 3,5% en 2023. La solidez de los precios de las materias primas ha mejorado la relación de intercambio y ha respaldado los resultados fiscales. en un contexto de aumento de la demanda externa. No obstante. la recuperación ha afectado la tasa de inflación, que ha aumentado muy por encima del objetivo (hasta alcanzar el 5,26% para 2021), impulsada inicialmente por los precios de los alimentos y la energía, que han afectado especialmente a los hogares de bajos ingresos.

Si bien Colombia tiene solo una pequeña exposición comercial y financiera directa a Rusia y Ucrania, es un importante exportador de productos básicos, de manera que los altos precios del petróleo y los minerales han reforzado las exportaciones y los resultados fiscales. Al mismo tiempo, la escasez mundial y el aumento de los precios de los productos fertilizantes han sido responsables en buena medida de los altos niveles de inflación evidenciados de los últimos meses.

El efecto general de la inflación ha empujado al Banco Central a aumentar la tasa de interés del nivel estable de 1,75% fijado desde octubre de 2020, a valores crecientes a partir de octubre de 2021 llegando al 9% a en junio de 2022. El aumento de las tasas de interés incrementa los costos de financiamiento y afecta los flujos de capital. Bajo tales condiciones, los recursos concesionales tienen el potencial de despertar gran interés de parte de los inversionistas, resultando necesario establecer los filtros y criterios suficientes para optimizar la colocación de estos recursos (conforme con los lineamientos de CIF-REI).

Adicionalmente, desde el año 2000 hasta el 2019, Colombia mostró un continuo crecimiento económico y avances en materia social, lo que le permitió al país entrar a formar parte de la OCDE. En respuesta a la pandemia del COVID-19 y la contracción económica antes mencionada, en febrero de 2021 el Gobierno aprobó su "Política de Reactivación Económica y Crecimiento Sostenible e Inclusivo" (CONPES 4023/21). A través de éste, el país articuló un conjunto integral de políticas y programas de inversión destinados a apoyar la recuperación económica a sus niveles de crecimiento anteriores al COVID-19, a la vez que se transita hacia un crecimiento económico más sostenible y resiliente en el largo plazo. Para ello se ambicionan inversiones por COP135 billones (US\$35 mil millones, equivalentes al 12,5% del PIB) a ser ejecutadas en un período de cinco años 2021-2026. en asocio con el sector privado. Dentro de este paquete, el 42,4% de las inversiones serían destinadas a la construcción de infraestructuras de transporte, mientras que el 26,3% se destinará a proyectos mineros y energéticos.

Por otro lado. Tras el retiro de una propuesta de reforma tributaria presentada en abril de 2021, que derivó en disturbios sociales y escasez de combustible y bienes básicos, *Standard & Poor's* y *Fitch Ratings* rebajaron la calificación crediticia de Colombia. Sin embargo, el país mantiene el acceso al financiamiento internacional, contando con la Línea de Crédito Flexible (LCF) del Fondo Monetario Internacional (FMI).

Posteriormente, en septiembre de 2021, logrando un consenso nacional, el Congreso aprobó una nueva reforma tributaria llamada "Ley de Inversión Social", que tiene por objetivo recaudar el 1,4% del PIB a partir de medidas de austeridad en el gasto público, reducción de la evasión fiscal y cambios en las tasas del impuesto corporativo. Esta aprobación influyó en la decisión de *Moody's* de mantener el grado de inversión de Colombia con una perspectiva estable, destacando el compromiso del país con la sostenibilidad fiscal.

Con grandes planes de inversión en curso, altos niveles de inflación y tasas de interés, además de una agenda de recuperación fiscal que el gobierno debe seguir, se espera que las condiciones sigan siendo adecuadas para la asignación de inversiones de recursos concesionales, especialmente teniendo en cuenta que se espera que las tasas de interés se mantengan en niveles relativamente altos.

Contexto jurídico, normativo e institucional⁴²:

El contexto legal y regulatorio existente en Colombia busca motivar el emprendimiento y la inversión extranjera, en tanto que sus instituciones son consideradas como fuertes. Gracias a esto, el país ocupó el puesto 62 entre 190 países bajo el índice de Facilidad para Hacer Negocios de 2021 (recientemente discontinuado), ocupando el puesto 82 en la procura de electricidad y el 11 en la obtención de crédito. Junto con esto, el país fue calificado como uno de los mejores para iniciar un nuevo negocio y para la protección de inversionistas minoritarios. Adicionalmente, el país también ocupa el puesto 13 entre 107 países considerados bajo el *Climatecope 2021* de Bloomberg, superado solo por Chile y Brasil en la región, como los países más atractivos para realizar inversiones en energías limpias. Además, ocupa el puesto 47 de entre 137 países en transformación política y la posición 50 en gobernanza⁴³.

La Constitución de 1991 garantiza la libertad de asociación y reunión o manifestación, y estos derechos se hacen cumplir. Se permite que los grupos civiles políticos e independientes se formen libremente. A través de un mecanismo denominado "derecho de petición", los ciudadanos tienen derecho a presentar solicitudes de información y las instituciones públicas están obligadas a responder a tales solicitudes en un plazo que varía entre 10 y 30 días dependiendo del tipo de información demandada. Mientras que las ONG institucionalizadas son más influyentes, contando con vínculos internacionales, también existen una variedad de organizaciones comunitarias activas, movimientos sociales y plataformas informales.

En los últimos años, Colombia ha fortalecido sus instrumentos de regulación financiera. Esto incluye la implementación de los estándares de Basilea III desde enero de 2020 y el ajuste de los esquemas regulatorios para transformar el sistema bancario. El Estado se ha comprometido con la expansión y el fortalecimiento de las estructuras administrativas básicas. Sin embargo, grandes franjas de

⁴² https://bti-project.org/fileadmin/api/content/en/downloads/reports/country_report_2022_COL.pdf

⁴³ <https://bti-project.org/en/reports/country-report/COL>

territorio siguen sin tener acceso a la prestación de servicios públicos de manera eficiente y confiable. La corrupción, las brechas en la infraestructura básica, el impacto del conflicto armado y la falta de habilidades técnicas y personal afectan la capacidad del Estado. En Colombia, las funciones y actividades del Estado están descentralizadas en gran medida. Los municipios son responsables de prestar servicios cruciales como el suministro de agua, la salud básica, la educación y la energía.

En última instancia, si bien Colombia ha logrado importantes avances en los esfuerzos para poner fin a la violencia política y fortalecer la democracia, temas como el crecimiento sostenible, la desigualdad, la pobreza y la corrupción siguen siendo los grandes desafíos que la administración gubernamental debe confrontar.

Contexto técnico y de gestión:

Bancóldex es uno de los Bancos Nacionales de Desarrollo (BND) en Colombia, y el encargado del crecimiento empresarial del país, apalancando empresas de todos los tamaños, todos los sectores y todas las regiones del país. Como banco de desarrollo local, Bancóldex ofrece tanto instrumentos financieros como servicios de información de relevancia para sus clientes. Como tal, en los últimos años el banco ha aumentado progresivamente su papel en la suplencia de los principales vacíos existentes en materia de financiación y del desarrollo de financiamiento a largo plazo. Colombia tiene un mercado limitado de financiamiento de proyectos y, por lo tanto, las necesidades de financiamiento de infraestructura han sido satisfechas tradicionalmente a través de préstamos corporativos o por un pequeño conjunto de bancos comerciales. Algunos bancos comerciales locales e inversionistas están ahora ligeramente familiarizados con proyectos de energías limpias y vehículos eléctricos (aunque no en un grado técnico profundo). Sin embargo, los bancos locales no están familiarizados aun con proyectos relacionados con nuevas tecnologías como las de producción de hidrógeno verde, o el despliegue de infraestructura de carga de vehículos eléctricos. Además, características comunes de este tipo de inversiones que el banco está planeando apoyar son: (i) alto costo de capital inicial; ii) períodos cortos de concesión en algunos segmentos del mercado; iii) percepciones de riesgo empresarial que pueden limitar el acceso al crédito de las microempresas y las pequeñas empresas; iv) la falta de acceso a tipos de interés preferencial y subvenciones para cubrir los costos de capital; v) la falta de proyectos bien estructurados; (vi) sistema regulatorio complejo para el sector energético que limita el apetito de los bancos comerciales para financiar este tipo de proyectos relativamente nuevos; y (vii) nuevas tecnologías que no han sido probadas y/o no se vuelven financieramente viables sin financiamiento concesional, entre otros. Por lo tanto, serán necesarios mecanismos de mitigación de riesgos y de mejora del crédito para gestionar el espectro de riesgos de financiación y atraer a los financiadores del sector privado a este tipo de proyectos.

Bancóldex, como institución bancaria multipropósito de primer y segundo nivel, se perfila para desempeñar un papel clave en el financiamiento y cofinanciamiento de proyectos bancables y sostenibles en el largo plazo, que se enmarquen en la transición energética limpia e inclusiva, y contribuyan a mitigar los riesgos asociados. Para ello, el BID ha brindado y continúa brindando asistencia técnica para mejorar la capacidad del Banco para evaluar y abordar este tipo de proyectos y sus riesgos potenciales, con base en los cuales ya está estableciendo un historial de inversiones

privadas basadas principalmente en energía renovable y eficiencia energética, que están ahora listas para ser ampliadas a la movilidad eléctrica y otras tecnologías de transición energética.

La FDN corresponde a otro BND importante que promueve la participación de empresas privadas en el sector de infraestructura local. La FDN fue creada en 2011 para ayudar a superar las dificultades de financiamiento de algunos grandes proyectos de infraestructura. Desde entonces, la entidad ha estado trabajando en soluciones crediticias para financiar proyectos de infraestructura y mejorar su riesgo de crédito, facilitando la entrada de bancos privados y otras instituciones financieras. Recientemente, el banco se ha expandido a otros sectores como la energía, el transporte y la salud, realizando sus primeras inversiones en proyectos fotovoltaicos en 2019. Las acciones llevadas a cabo por la FDN en materia de financiación se han centrado en identificar las falencias de los mercados financieros y diseñar mecanismos adecuados para suplirlas.

La FDN ha establecido una hoja de ruta de sostenibilidad corporativa, a través de la cual se tiene el fin de garantizar que los proyectos que se apoyarán se encuentren bien alineados con los objetivos nacionales de desarrollo sostenible y, lo que es muy importante, contribuyan al logro de la NDC Colombiana. Como parte del proceso de preparación para lograr tal propósito, la entidad se encuentra actualmente trabajando en el desarrollo de su Sistema de Gestión de Riesgos Ambientales y Sociales (SARAS), igual que en la conformación de grupos de interés, un gobierno corporativo y ecoeficiencia interna como parte de una estrategia de sostenibilidad, para lo cual ha estado recibiendo apoyo principalmente del BID.

En agosto de 2022, la FDN y FENOGÉ firmaron un convenio de cooperación para el desarrollo de sinergias, actividades y espacios conjuntos con el objetivo de promover el desarrollo y la financiación de proyectos en el sector energético, principalmente de fomento y promoción de proyectos de FNCER, iguales a los del ámbito de la Gestión Eficiente de la Energía.

ANEXO II. Consultas con las partes interesadas

El Plan de Inversiones CIF-REI de Colombia es el resultado de un proceso consultivo, liderado por el GdC en cabeza del MME para identificar y priorizar líneas de acción en las que se requieren mecanismos de apoyo financiero para acelerar la integración de las ER. Este plan ha sido concebido como un importante instrumento para avanzar en la transición energética y la ruta de acción climática que el país ha definido, desde el punto de vista político, hacia el crecimiento sostenible, la reducción de emisiones y el cambio climático a 2030 y 2050. objetivos de mitigación. Dicho proceso de consulta incluyó agencias gubernamentales como DNP, MHCP, MADS. el Ministerio de Transporte, la UPME, el IPSE, la CREG y representantes del sector privado, la academia y socios de desarrollo y cooperación internacional. Hubo dos consultas principales a lo largo de la preparación del PI, la primera de las cuales tuvo lugar durante la Misión de Alcance que tuvo lugar en febrero de 2022 y fue utilizada para entablar conversaciones con diferentes niveles gubernamentales y partes interesadas relevantes. Sobre la base de esos debates, se determinaron los principales temas estratégicos que deberían incluirse para recibir apoyo a través de este PI. Los participantes de dichas discusiones se enumeran en la Tabla Tabla 4.

Tabla 4. Participantes de la Misión de Alcance celebrada los días 22 y 23 de febrero de 2022

REGISTRO DE ASISTENCIA / ATTENDANCE SHEET			
Nombres y Apellidos / Complete name	Organización / Organization	Cargo / Position	E-mail
Guillaume Meyssonnier	AFD	Experto energie	meyssonnier@afd.fr
Nils Bartolomeo	AFD	Encargado proyectos clima energia	bartolomeon@afd.fr
Johnatan Reyes	ANLA	Coordinador grupo de energia	jreyes@anla.gov.co
Saralux Valbuena López	ANLA	Coordinador de Instrumentos SIPTA	mvalbuena@anla.gov.co
Carlos Andrés Jaimes Hernández	ANLA - SIPTA	Profesional Técnico Centro de Monitoreo	cjaimes@anla.gov.co
Alejandro Lozano Gutierrez	Bancoldex	Director Crédito Corporativo	luis.lozano@bancoldex.com
Alexandra Planas	IDB	Especialista Líder de Energía	alexapla@iadb.org
Gloria Visconti	IDB	Especialista Líder Cambio Climatico	gloriav@iadb.org
Javier Eduardo Rodríguez	IDB	Consultor Externo	javier.rodriguez@uniandes.edu.co
José Manuel Sandoval	IDB	Especialista Cambio Climático	jmanuel@iadb.org
Juan Paredes	IDB	Especialista Senior Energías Renovables	jparedes@iadb.org
Marco Buttazzoni	IDB	Consultor Cambio Climático y Sostenibilidad	mbuttazzoni@iadb.org
Mariel Juarez	IDB	Consultora Financiamiento Climático	marielj@iadb.org
Paloma Marcos Morezuelas	IDB	Consultora de Género y Cambio Climático	palomam@iadb.org
Chandrasekar Govindarajalu	WB	Líder Especialista de Energía	cgovindarajalu@worldbank.org
Claudia Inés Vasquez	WB	Líder Economista de Energía	cvasquez@worldbank.org
Roberto Luis Estevez Magnasco	WB	Especialista en Energía	reestevezmagnasco@worldbank.org
Fernando H Branger G	CAF	Ejecutivo Senior/Coordinador de Energía	fbranger@caf.com
Maria Claudia Sanchez	CAF	Ejecutiva Ppal Sector Privado/ Oficina Colombia	msanchez@caf.com
Vanessa Figueroa Gélvez	CC Barranquilla	Jefe de REDES EStratégicas	vfigueroa@camarabaq.org.co
Luz Medina	CC Bogota	Lider (e) Cluster de energia eléctrica	luz.medina@cbb.org.co
Andres Dominguez	CREG	Asesor	andres.dominguez@creg.gov.co
Carolina Obando Anzola	CREG	Asesora Dirección Ejecutiva	diana.obando@creg.gov.co
Jorge Alberto Valencia Marín	CREG	Director Ejecutivo	jorge.valencia@creg.gov.co
Camila Alejandra Quintero	DNP	Asesora contratista	caquintero@dnpp.gov.co
Camilo Andrés Peña Segura	DNP	Asesor Subdirección Minas y Energía	
Carlos Andrés Cruz Sanchez	DNP	Asesor Subdirección de Crédito	ccruz@dnpp.gov.co
Danilo Suárez Bautista	DNP	Contratistas-Subdirección de Crédito y CI	esuarez@dnpp.gov.co
Natalia Bargans	DNP	Subdirectora de Crédito DIFP	nbargans@dnpp.gov.co
Daniel Patiño Woodcock	FENOGE	Coordinador Financiero	dpatino@fenoge.gov.co
Diego Sanchez	FENOGE	Coordinador Técnico	desanchez@fenoge.gov.co
Katharina Grosso Buitrago	FENOGE	Directora	kgrosso@fenoge.gov.co
Sergio Antonio Ruiz	GIZ	Coordinador de Hidrogeno verde y energias Renovables	sergio.ruiz@giz.de
Maria del Pilar Granados Galvis	H2 Colombia	Directora Ejecutiva	maria.granados@hidrogenocolombia.com
Joan Miquel Carrillo Cortada	IDB INVEST	Blended Finance Lead Investment Officer	joanc@iadb.org
Julián Eduardo González	IDB INVEST	Consultor Asesoría Cambio Climático	juliango@iadb.org
Andrey Shlyakhtenko	IFC	Oficial Senior de Operaciones	ashlyakhtenko@ifc.org
Gustavo Adolfo Vargas Victoria	IFC	Analista Financiero	gvargasvictoria@ifc.org
Tendai Madenyika	IFC	Oficial de Operaciones	tmadenyika@ifc.org
Carlos David Rojas Pico	IPSE	Asistente Dirección	
José David Insuasti	IPSE	Director General	joseinsuasti@ipse.gov.co
Laura Hinestroza	IPSE	Contratista-Subdirección de Planificación Energética	laurahinestroza@ipse.gov.co
Lina Marcela Vega Buelvas	IPSE	Subdirector	linavega@ipse.gov.co
Andres Villegas	ISA	Director Planeacion y Evaluacion	avillegas@isa.com.co
Diana Gonzalez	KEXIM	Project Manager	dianagonzalezmoya@gmail.com
Karen Rodríguez	MHCP	Subdirectora de Financiamiento con Organismos Multilaterales	karen.rodriguez@minhacienda.gov.co
Olga Lucia Moncayo	MHCP	Asesor Subdirección de Financiamiento con multilaterales	olga.moncayo@minhacienda.gov.co
Jorge Alonso Cano Restrepo	MinCiencia	Asesor Viceministerio de Talento y Apropiación Social	jacano@minciencias.gov.co
Carlos Andrés Álvarez	MME	Asesor Oficina de Asuntos Regulatorios y Empresariales	caalvarez@minenergia.gov.co
Carolina Garzón	MME	Asesora Asuntos Internacionales	mccgarzon@minenergia.gov.co
Gabriela Gutierrez	MME	Coordinadora Asuntos Internacionales	ggutierrez@minenergia.gov.co
Julián A. Rojas Rojas	MME	Jefe de la Oficina de Asuntos Regulatorios y Empresariales	jarojass@minenergia.gov.co
Karen Andrea Peralta	MME	Asesora Oficina de Asuntos Regulatorios y Emp.	kaperalta@minenergia.gov.co
Lised Chaves	MME	Asesor OARE	lkchaves@minenergia.gov.co
Luis Julián Zuluaga	MME	Director de Energía Eléctrica	ljzuluaga@minenergia.gov.co
María Carolina Garzón	MME	Asesora Asuntos Internacionales	mccgarzon@minenergia.gov.co
Monica Gasca	MME	Asesora despacho ministro	magasca@minenergia.gov.co
Zahira I. González Cleves	MME	Asesora Oficina de Asuntos Regulatorios y Empresariales	zgonzalez@minenergia.gov.co
Diego Olarte	PNUD	Asesor	
Lucía Cortina Correa	PNUD	Hub Regional - Especialista cc y energía	lucia.cortina@undp.org
Katerin Osorio Vera	SER Colombia	Coordinadora Regulatoria	regulatorio@ser-colombia.org
Guillermo Jiménez Estévez	U. de los Andes	Director IELE / Profesor asociado	ga.jimenez@uniandes.edu.co
Carlos Adrián Correa Flórez	U. Javeriana	Profesor Asistente	carlosa-correa@javeriana.edu.co
Diego Alejandro Patiño Guevara	U. Javeriana	Director de departamento de electrónica	patino-d@javeriana.edu.co
Rafael Fernando Díez Medina	U. Javeriana	Profesor - Líder grupo de Investigación CEPIT	rdiez@javeriana.edu.co
Carlos Jaime Franco	U. Nacional	Profesor Titular	cjfranco@unal.edu.co
Alexander Molina Cabrera	U. Tec. de Pereira	Decano Facultad de Ingenierías	almo@utp.edu.co
Carolina Sánchez Ruiz	UPME	Asesora Dirección General	carolina.sanchez@upme.gov.co
Christian Jaramillo	UPME	Director General	christian.jaramillo@upme.gov.co
Javier Martínez	UPME	Subdirector Energía	javier.martinez@upme.gov.co
Lina Escobar Rangel	UPME	Subdirector	lina.escobar@upme.gov.co
Ximena Barrera Rey	WWF Colombia	WWF Colombia	xbarrera@wwf.org.co
Carlos Arturo Vanegas Vesga	XM	Gestor Gerencia CND	cavanegas@xm.com.co

El segundo proceso de consulta tuvo lugar en la Misión Conjunta llevada a cabo en julio de 2022, a la que fueron invitados a participarse los bancos nacionales de desarrollo (BND), así como expertos en la inclusión social y de género, operadores de red y de ZNI así como posibles desarrolladores de proyectos e inversores. En la Tabla 5 se enumeran los participantes de las diferentes reuniones celebradas durante esa misiónTabla 5.

Borrador

Tabla 5. Participantes de la Misión Conjunta que tuvo lugar los días 11 y 12 de julio de 2022

REGISTRO DE ASISTENCIA / ATTENDANCE SHEET			
Nombres y Apellidos / Complete name	Organización / Organization	Cargo / Position	E-mail
Adriana Arévalo	ANDESCO	Profesional cámara sectorial de energía y gas	adriana.arevalo@andesco.org.co
Jessica Serrano	ANDESCO	Profesional Camara de Energía y Gas	jessica.serrano@andesco.org.co
Olga Lucia Polania	ASOCODIS	ASESOR	olpolania@asocodis.org.co
Alejandro Lozano	Bancoldex	Director Estructuración de Proyectos	luis.lozano@bancoldex.com
Angela Rojas	Bancoldex	Oficina de Desarrollo Sostenible	angela.rojas@bancoldex.com
Claudia Marcela Gutierrez	Bancoldex	Cooperación y Relaciones Internacionales	mariaf.manrique@bancoldex.com
Claudia María Gonzalez Arteaga	Bancoldex	Vicepresidente Financiero	Claudia.gonzalez@bancoldex.com
María Paola Carvajal	Bancoldex	Ejecutiva Mercados Financieros	Maria.Carvajal@bancoldex.com
Miguel Alfonso Angulo	Bancoldex	Ejecutivo Finanzas Corporativas	Miguel.Angulo@bancoldex.com
Angel David Roldán	Bancoldex	Ejecutivo comercial	angel.bautista@bancoldex.com
Angela Rojas	Bancoldex	Oficina de Desarrollo Sostenible	angela.rojas@bancoldex.com
María Fernanda Manrique	Bancoldex	Líder de Sostenibilidad	mariaf.manrique@bancoldex.com
Alexandra Planas	IDB	Especialista Líder de Energía	alexapla@iadb.org
Diana Bocarejo	IDB	Consultora Género y Diversidad	dianabo@iadb.org
Gisela Ferrari	IDB	Gender and Climate Consultant	giselaf@iadb.org
Gloria Visconti	IDB	Lead Climate Specialist	gloriav@iadb.org
Javier Eduardo Rodríguez	IDB	Consultor Externo	javier.rodriguez@uniandes.edu.co
José Manuel Sandoval	IDB	Especialista Cambio Climático	jmanuela@iadb.org
Leopoldo Montañez	IDB	Asesor	Leopoldomontanez@outlook.com
Mateo Vasquez Gonzalez	IDB	Consultor	mateov@iadb.org
Ricardo Goncalvez	IDB	Consultor	ricardogon@iadb.org
Vanderleia Radaelli	IDB	Especialista Líder - Compet., Tec. e Innov.	vanderleiar@iadb.org
Joan Miquel Carrillo	IDB Invest	Blended Finance - Punto focal para CIF	joanc@iadb.org
Julían Eduardo González	IDB Invest	Advisory Services - Climate Change	juliango@iadb.org
Rafael Matas	IDB Invest	Oficial Líder de Inv. en Infraestructura	RAFAELMA@iadb.org
Ricardo Lara	IDB Invest	Oficial Líder Inv. - Infraestructura y Energía	ricardola@iadb.org
Gabriela Flores	IDB Lab	Consultora	mariafi@iadb.org
María Gabriela Florez	IDB Lab	Consultora	mariafi@iadb.org
Claudia Inés Vasquez	WB	Líder Economista de Energía	cvasquez@worldbank.org
Megan Meyer	WB	Especialista Senior de Energía	mmeyer1@worldbank.org
Roberto Estevez	WB	Especialista de Energía	restevezmagnasco@worldbank.org
Jimmy Pannett	CIF AU	REI - Co-Lead	jpannett@worldbank.org
Carolina Obando Anzola	CREG	Asesora	diana.obando@creg.gov.co
Jorge Alberto Valencia Marín	CREG	Director Ejecutivo	jorge.valencia@creg.gov.co
Camila Alejandra Quintero	DNP	Asesora contratista	caquintero@dnp.gov.co
Camilo Andrés Peña	DNP	Asesor Subdirección Minas y Energía	capena@dnp.gov.co
Camilo Peña	DNP	Asesor	capena@dnp.gov.co
Carlos Andrés Cruz Sanchez	DNP	Asesor Subdirección de Crédito	ccruz@dnp.gov.co
Natalia Bargans	DNP	Subdirectora de Crédito DIFP	nbargans@dnp.gov.co
Carlos Andres Cruz S	DNP-SCCI	Contratista	ccruz@dnp.gov.co
Diana Alemán	Ecopetrol	Profesional Financiación y Relación Inversionista	diana.aleman@ecopetrol.com.co
Leslie Sofía González	Enel Colombia	Regulatorio	leslie.gonzalez@enel.com
Natalia Quijano	Enel Colombia	Experto REGULACIÓN	natalia.quijano@enel.com
Nathalia Torres	Enel Colombia	Experto REGULACIÓN Ambiental	nathalia.torres@enel.com
Andrés Felipe Duque Roldán	EPM	Profesional Gest. Reg. Trans	andres.duque@epm.com.co
Alfonso Vergara Ortiz	FDN	Director de Desarrollo de Producto	avergara@fdn.com.co
Laura Arroyave Solano	FDN	Analista de Riesgo Socio Ambiental	larroyave@fdn.com.co
María Fernanda Madrid	FDN	Directora de Relaciones Internacionales	mmadrid@fdn.com.co
Patricia Gomez Escobar	FDN	Directora de Finanzas Estructuradas	pgomez@fdn.com.co
Valentina Diago Forero	FDN	Analista de Desarrollo de Producto	vdiago@fdn.com.co
Wilhem Adolphs	FDN	Director ALM	wadolphs@fdn.com.co
Katherine Castaño Fonseca	FENOGE	Asesora Jurídica	kcastano@fenoge.gov.co
Gustavo Vargas Victoria	IFC	Blended Finance	gvargasvictoria@ifc.org
Juan Sebastián Torres	IFC	Oficial de Inversiones	jstorres@ifc.org
José David Insuasti	IPSE	Director General	joseinsuasti@ipse.gov.co
Lenka Buckova	IPSE	Asesora	lenkabuckova@ipse.gov.co
Lina Marcela Vega Buelvas	IPSE	Subdirectora	linavega@ipse.gov.co
Angela Amparo Cuellar Chavez	MHCP	Subd. Financ. con organismos multilat. y gob.	Angela.Cuellar@minhacienda.gov.co
Karen Cristina Rodríguez	MHCP	Subd. Financ. con organismos multilat. y gob.	karen.rodriguez@minhacienda.gov.co
Karen Rodríguez	MHCP	Subdirectora Multilaterales	karen.rodriguez@minhacienda.gov.co
Olga Lucía Moncayo	MHCP	Subd. Financ. con organismos multilat. y gob.	Olga.Moncayo@minhacienda.gov.co
Adriana Sánchez Sierra	MME	Contratista	asanchez@minenergia.gov.co
Carlos Andrés Álvarez	MME	Asesor	caalvarez@minenergia.gov.co
Carolina Garzón	MME	Asesora asuntos internacionales	mcgarzon@minenergia.gov.co
Gabriela Gutierrez	MME	Coordinadora Asuntos Internacionales	ggutierrez@minenergia.gov.co
Lised Chaves	MME	Asesor OARE	lkchaves@minenergia.gov.co
Marie Paz Rodríguez Mier	MME	Líder Equidad de Género	mprodriguez@minenergia.gov.co
Mónica Ucross	MME	Equidad de Género	mcucros@minenergia.gov.co
Andrés Felipe Valencia Pimiento	SENA	Formación - sector minas y energía	avalenciap@sena.edu.co
Christian Jaramillo	UPME	Director General	christian.jaramillo@upme.gov.co
Constanza Ballesteros	UPME	Dirección General	constanza.ballesteros@upme.gov.co
Javier Martínez	UPME	Subdirector Energía	javier.martinez@upme.gov.co
Olga Ramirez	UPME	Subdirección Energía Eléctrica	olga.ramirez@upme.gov.co
Oscar Patiño	UPME	Oficina Gestión de Proyectos de Fondos	oscar.patino@upme.gov.co
Jonathan Sanchez	WWF Colombia	Consultor Sostenibilidad	consultorsostenibilidad@wwf.org.co
Ximena Barrera	WWF Colombia	Directora de Relaciones de Gobierno	xbarrera@wwf.org.co

ANEXO III. Beneficios colaterales para el desarrollo

Los principales beneficios colaterales a ser obtenidos del desarrollo de proyectos a ser financiados bajo este PI corresponden a los siguientes:

Empleo y medios de subsistencia: creación de empleos directos e indirectos

A través del despliegue y posterior operación y mantenimiento de soluciones de electrificación rural, contadores inteligentes/AMI, infraestructura de carga rápida de VE e instalaciones de producción de H2V, entre otras posibles actividades a financiar, se abrirán puestos de trabajo temporales y permanentes, siendo este un parámetro importante a ser evaluado, monitoreado y reportado para proyectos a ser cofinanciados con recursos CIF-REI. En el caso de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, una gran empresa de servicios públicos considera que entre el 50% y el 60% de los componentes involucrados en la construcción y el despliegue de dicha infraestructura pueden ser producidos por la industria local, tanto apoyando la creación de empleos locales como reduciendo los costos generales en comparación con las soluciones 100% importadas.

Transición Justa: Inclusión social e impactos distributivos

La formación y la asistencia para la reubicación laboral serán actividades clave que deberán realizarse y proporcionarse para lograr este beneficio conjunto de proyectos específicos a ser apoyados. De este modo, la sustitución de puestos de trabajo (por ejemplo, en el caso del personal que anteriormente tomaba lecturas de contadores de energía análogos sustituidos por medidores avanzados o inteligentes, o procedimientos de desconexión y reconexión del servicio que ahora se podrán realizar remotamente, podrán recibir formación para llevar a cabo tareas de operación y mantenimiento de la nueva infraestructura desplegada) deberá ser apoyada siempre que sea posible.

Se deberá dar prioridad a la capacitación de mujeres que pueden realizar tareas técnicas en la instalación y el mantenimiento de nuevos equipos. En el caso de ZNI, la inclusión de grupos minoritarios debe procurarse para oportunidades de trabajo relacionadas con el mantenimiento y el servicio de las soluciones desplegadas, u otras tareas como la recaudación de pagos.

Como punto también muy importante, siempre que sea posible se promoverán las participaciones equilibradas de género en los puestos directivos y de liderazgo.

En términos generales, la provisión de soluciones de electrificación rural con FNCER y el despliegue de infraestructura AMI tendrán como propósito fundamental brindar la posibilidad a los usuarios de convertirse en actores activos de un sector eléctrico inclusivo y cada vez más democratizado, junto con propiciar actividades para su desarrollo social y económico. Para esto, la conformación de comunidades energéticas jugará un papel fundamental, dando representatividad a los usuarios, facilitando su participación en el mercado eléctrico, y viabilizando la obtención de beneficios tanto para el sistema como para los usuarios mismos.

Política y planificación: coherencia entre sectores

Trabajar a través de la coordinación y la cooperación conjunta con otros socios para el desarrollo debe ser una prioridad, al igual que hacerlo con diferentes agencias gubernamentales nacionales y territoriales, tomando como ejemplo el despliegue de infraestructura de carga de vehículos

eléctricos, en la que se requiere de obras de planificación urbana, eléctricas, civiles, de comunicaciones, junto la obtención de los respectivos permisos, y el desarrollo progresivo de nueva regulación, junto con la implementación de normas y estándares que permitan que todas estas tareas sean optimizadas, hacerlas más eficientes y efectivas con el tiempo. En este sentido, se espera que las entidades territoriales reciban el apoyo del gobierno nacional y de las entidades que vayan desarrollando capacidades y experiencia con la implementación de las tecnologías, a fin de poder replicar estrategias exitosas en todo el país.

Reducción de la contaminación del aire

La quema de combustible diésel tanto en fuentes móviles como estáticas de emisión de GEI (ej. en el transporte público y el transporte pesado o en los equipos térmicos industriales y de generación de electricidad) emite cantidades representativas de material particulado (PM) dependiendo principalmente de la calidad del combustible y de la tecnología de combustión empleada. A medida que estas fuentes de conversión de energía que utilizan el combustibles diésel se vayan eliminan gradualmente, dicha contaminación se reduce, no solo contribuyendo a la reducción de las emisiones de GEI, sino también reduciendo la concentración de PM en el aire que se ha demostrado causa problemas de salud. Los impactos significativos asociados a este co-beneficio se observarán especialmente entre la población de jóvenes y ancianos. Lo mismo podrá ocurrir en el caso de la sustitución de otros combustibles fósiles como el carbón, el combustible búnker y similares, en la medida en que la generación de electricidad basada en energías renovables gana terreno y se incrementa el uso de sustitutos de combustibles fósiles como los combustibles limpios derivados del H₂V, en usos finales de energía que requieren mantenerse siendo térmicos.

ANEXO IV. Actividades existentes en el ámbito de la energía renovable

Durante los últimos 10 a 15 años. Colombia ha recibido asistencia y apoyo financiero de múltiples agencias e instituciones de cooperación con el fin de desarrollar un marco adecuado y capacidades institucionales junto con el despliegue de capacidades instaladas crecientes en FNCER. A continuación se enumeran algunas de las entidades más representativas, acompañadas de una breve descripción de las actividades que éstas han llevado a cabo o están llevando a cabo actualmente con el fin de apoyar cada una de las posibles líneas de inversión que este PI abarca.

AFD (Agencia Francesa de Desarrollo):

H2V - Están apoyando al MME en i) un proceso con el ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) para la traducción, generación y adopción de estándares internacionales en el contexto colombiano; así como ii) un estudio sobre la demanda y la disponibilidad de fuentes renovables (como elementos clave para la industria H2V); y iii) el fortalecimiento de las capacidades técnicas del MME y otras entidades oficiales en este campo, ofreciendo a su vez intercambios técnicos y académicos con actores privados e instituciones francesas.

Otros temas relevantes- Han apoyado la preparación de la Estrategia Climática a Largo Plazo del país - E2050. y han financiado proyectos hidroeléctricos específicos junto con su interconexión eléctrica.

CAF (Banco de Desarrollo de América Latina, antes Corporación Andina de Fomento):

Interconexión regional - Han estado apoyando estudios marinos para el proyecto de interconexión Colombia-Panamá.

Electromovilidad – Han estado en negociaciones con el Fondo Verde para el Clima con respecto a una propuesta de negocio sobre electromovilidad.

HV2 - Han estado en conversaciones con MME y Ecopetrol para apoyar proyectos de H2.

GGGI (Global Green Growth Institute):

Electrificación rural - Junto con el UK Pact, han apoyado la estructuración de proyectos de electrificación rural⁴⁴.

Otros temas relevantes - Tienen una alianza con iNNpulsas para fortalecer el ecosistema de empresas verdes⁴⁵.

GIZ (Agencia Alemana de Cooperación Internacional):

H2V- Apoyan al MME y al FENOGÉ en este tema. Trabajan en el desarrollo de políticas públicas y están apoyando estudios de consultoría técnica centrados para la identificación de potenciales *H2 Hubs* y *Power to X Hubs*, así como en la viabilidad de la implementación de iniciativas *Power to X*. También han estado trabajando en programas de capacitación con la Asociación H2 Colombia. A

⁴⁴ (<https://ggi.org/convocatoria-del-programa-de-asistencia-tecnica-para-proyectos-de-electrificacion-rural/>)

⁴⁵ iNNpulsas es una unidad de gestión del crecimiento empresarial, creada por el GdC, en alianza con el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT), cuyo objetivo principal es promover el emprendimiento, la innovación y el desarrollo empresarial para mejorar la competitividad de Colombia. Más información disponible en: <https://innpulsacolombia.com/innformate/gggi-e-innpulas-colombia-crean-alianza-para-fortalecer-el-ecosistema-de-emprendimientos>.

principios de 2022 comenzaron a implementar una iniciativa de asistencia técnica llamada H2 APPs para la estructuración de asociaciones público-privadas para proyectos piloto con H2V.

JICA (Agencia de Cooperación Internacional de Japón):

Otros temas relevantes – Ofrecen cooperación en Ciencia y Tecnología. especialmente a través de la vinculación de investigadores y asociaciones con entidades japonesas que trabajan en el desarrollo sostenible, con prioridad en temas de energía y medio ambiente⁴⁶.

KEXIM (Banco de Exportación e Importación de Corea):

Electromovilidad - Han estado financiando estudios de factibilidad, apoyando a MinTransporte y DNP para la electrificación de los sistemas de transporte público de autobuses en las ciudades de Sta. Marta y Armenia. Se están articulando con CAF, KfW y AFD, dentro del programa de apoyo a la electromovilidad EMOTION, que busca acelerar la masificación de vehículos eléctricos.

H2V - Están interesados en financiar proyectos de hidrógeno verde y/o azul.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo):

Electrificación rural - Están apoyando un estudio dirigido a los subsidios para la sustitución de Diesel en ZNI⁴⁷. Consideran la posibilidad de explorar el uso de H2 en soluciones para las ZNI.

Electromovilidad - Desarrollan el proyecto de digitalización del transporte ACCES, a través del cual buscan identificar proyectos en marcha en el sector transporte para agregar la capa de digitalización, con alcance a 6 países. En Colombia tienen están focalizados en las ciudades de Bogotá y Medellín. En junio de 2022 se presentó al MME una propuesta de implementación.⁴⁸

H2V - Tienen acceso a oportunidades de cooperación a través de la Plataforma de Inversión Climática, de la que la Agencia Internacional de Energía Renovable - IRENA hace parte. Con base en esto, las oportunidades de apoyo directo de parte de IRENA en temas como H2V pueden ser evaluadas a futuro por el MME.

Otros temas relevantes – Apoyaron la preparación de la Estrategia Climática de Largo Plazo de Colombia - E2050.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente):

Electromovilidad - Lideran el proyecto MOVE como plataforma que trabaja con 14 países de LAC en la iniciativa "Proyecto de Preparación Regional: Avanzando con un enfoque regional hacia la movilidad eléctrica en América Latina"⁴⁹.

UK Pact:

Electrificación rural - Desde 2019 han estado apoyando la evaluación y selección de proyectos a ser financiados con recursos públicos (ej. FENOGE), así como junto con GGGI han apoyado a entidades

⁴⁶ (<https://www.jica.go.jp/colombia/espanol/office/about/strategy.html>).

⁴⁷ (https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=244065).

⁴⁸ (<https://departamento.pucp.edu.pe/ingenieria/2022/03/18/departamento-ingenieria-presente-proyecto-access/>).

⁴⁹ (<https://movelatam.org/>)

territoriales y desarrolladores privados en el diseño y estructuración de proyectos de electrificación rural, a través de IPSE y el MME⁵⁰.

Redes Inteligentes y AMI - Han financiado el Programa de Apoyo al despliegue de redes inteligentes en Colombia (desde 2019 y a la fecha), ejecutado por CarbonTrust en apoyo a la UPME y el MME.

Electromovilidad - Patrocinan el programa Giro Zero ejecutado por la Universidad de los Andes desde 2019, como un programa enfocado en construir una hoja de ruta hacia las cero emisiones en el sector del Transporte de Carga Automotriz colombiano.⁵¹ Este programa aborda la posibilidad de utilizar H2V en el transporte de mercancías por carretera, como una de diversas alternativas para lograr cero emisiones dentro de dicho sector.

USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional):

H2V – En colaboración con el Laboratorio Nacional de Energía Renovable de los Estados Unidos - NREL han apoyado técnicamente a FENOGE en la evaluación de propuestas para proyectos con H2 verde y azul, que buscan acceder a las oportunidades de financiación de la convocatoria +H2 Colombia.

Otros temas relevantes – Entre abril de 2018 y diciembre de 2021 desarrollaron el programa SURE (*Scaling Up Renewable Energy*) en Colombia que apoyó la integración de las energías renovables y la transición a un sistema de energía más resiliente, competitivo y limpio, para diversificar la generación de energía hacia fuentes renovables. Han apoyado la emisión de nueva regulación y la preparación de la primera subasta exitosa de energías renovables realizada en octubre de 2019, brindando capacitación y apoyando a XM en la planificación, operación e integración de FNCER en el mercado energético nacional, entre otros.⁵²

En junio de 2022, lanzaron junto con el Servicio Nacional y Aprendizaje (SENA) un programa educativo de ER que tiene la intención de ofrecer carreras de 15 meses a mujeres y hombres jóvenes de entre 15 y 28 años, en 13 comunidades a lo largo de las cuales se están construyendo la mayoría de los proyectos eólicos y fotovoltaicos en la región de la Guajira. La idea es que estos miembros de la comunidad alcancen los conocimientos y habilidades necesarias para acceder a buenas oportunidades de empleo o desarrollar sus propios emprendimientos basados en diferentes oportunidades de negocio en torno al desarrollo y operación de proyectos con FNCER⁵³.

WRI (World Resources Institute):

Otros temas relevantes - Bajo el *NDC Partnership* han apoyado al GdC en análisis de mercado y ajustes regulatorios para promover la integración de la electromovilidad y la generación con FNCER.

WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza):

Electrificación rural - Trabajan con la fundación MOTT en el tema de soluciones de electrificación para comunidades sin acceso a la energía en países en desarrollo. Actualmente avanzan en estudios con perspectivas de desarrollar proyectos piloto y apoyar estrategias de electrificación en Colombia.

⁵⁰ (<https://www.gov.uk/government/news/uk-pacts-first-project-in-colombia-will-improve-energy-access.es-419> y [https://ggi.org/convocatoria-del-asistencia-tecnica-programa-para-proyectos-de-electrificación-rural/](https://ggi.org/convocatoria-del-asistencia-tecnica-programa-para-proyectos-de-electrificacion-rural/)).

⁵¹ <https://girozero.uniandes.edu.co/>

⁵² (<https://www.usaid.gov/es/news-information/fact-sheets/env-scaling-renewable-energy-activity-sure>)

⁵³ <https://www.elheraldo.co/la-guajira/sena-y-usaid-lanzan-programa-en-energias-renovables-en-la-guajira-916955>

Electromovilidad - Prepararon una propuesta detallada para la implementación de un Proyecto de Apoyo a NAMA (NSP) con el fin de establecer un entorno propicio para el desarrollo de la movilidad eléctrica en Colombia. El NSP no fue finalmente aprobado para su fase de implementación en 2021, pero este trabajo proporcionó insumos que WWF clasifica como importantes para el desarrollo de la electromovilidad en Colombia. Es posible que en el GdC acuda a algún fondo diferente al NAMA Facility para apoyar la ejecución de este proyecto.

BM (Banco Mundial):

Líneas de transmisión - Han brindado asistencia técnica a la UPME para el desarrollo de estudios relacionados con el proyecto de conexión HVDC de La Guajira.

Electromovilidad - Han financiado estudios recientes sobre: Desafíos del sistema eléctrico para la electromovilidad en Colombia (WSP, 2021); y Evaluación de la capacidad de alojamiento de vehículos eléctricos en redes de distribución para satisfacer las demandas generadas por la electromovilidad en Colombia (USAENE & Tecnalía, 2022).

H2V - Han apoyado al MME en la evaluación de posibles esquemas de certificación de origen de H2 que a ser implementados en Colombia. Están interesados en explorar posibles mecanismos de financiación para mitigar los riesgos asociados a las tecnologías de H2 y proporcionan asistencia técnica al MME y FENOGÉ para la promoción de H2 de bajas emisiones en general (es decir. H2 verde y / o azul).

Otros temas relevantes – Han apoyado la preparación de la Hoja de Ruta Eólica Marina para Colombia. También apoyaron los estudios de la Misión de Transformación Energética. así como la formulación de políticas para la recuperación verde y la innovación.

BID (Banco Interamericano de Desarrollo):

Electrificación rural - Han financiado estudios recientes en apoyo a la conformación de Asociaciones Público Privadas - APP para Zonas No Interconectadas en Colombia (Giraldo et al. 2017), al igual que la identificación y análisis de experiencias internacionales en la aplicación de modelos innovadores de acceso a la energía (Pérez Arriaga et al. 2020). Asimismo, han apoyado el uso de un Modelo de Electrificación de Referencia (REM) para ubicar a usuarios sin servicio eléctrico en el territorio nacional y decidir sobre las estrategias de electrificación más convenientes según el caso (WAYA Energy, 2022) y la implementación de una metodología para calcular un Índice de Pobreza Energética para Colombia (Consultoría de Estudios Energéticos, a finalizar en septiembre de 2022).

Actualmente están apoyando la estructuración de soluciones de sustitución de diésel con FNCER para dos localidades priorizadas de la ZNI, al igual que un estudio para identificar y caracterizar usuarios sin acceso a electricidad en las ZNI en el departamento de La Guajira. Adicionalmente, se prestará apoyo a un estudio destinado a incluir las dimensiones culturales y étnicas en las metodologías de planificación utilizadas por el sector minero energético.

También han brindado apoyo para identificar acciones que garanticen la calidad y cobertura del servicio eléctrico en el mediano y largo plazo (CO-T1580, 2020 aún en curso), al igual que para el Desarrollo de una Estrategia de Cobertura Energética Universal (CO-T1502, 2019 aún en curso). Han ayudado al MME con insumos para orientar reformas que permitan aumentar la cobertura eléctrica en las ZNI (CO-T1438, 2018), junto con acciones dirigidas a eliminar obstáculos a la penetración de

soluciones de energía renovable en estas áreas, con el fin de promover el desarrollo de la inversión privada en soluciones con FNCER (CO-T1411, 2016). Igualmente, aportaron fondos para la ejecución de un Plan de Energía Sostenible como parte del Plan de Intervención Integral en la región del Pacífico – Todos Somos PAZcífico (CO-T1408, 2015).

Redes Inteligentes y AMI – Financiaron la iniciativa de Redes Inteligentes Colombia con una visión hacia 2030, desarrollada en 2016 con el apoyo de la iniciativa Colombia Inteligente⁵⁴.

Interconexiones y NEI - Han contribuido con asistencia técnica para la elaboración de la hoja de ruta del proyecto de interconexión Colombia-Panamá, así como sus diseños, estudios técnicos y ambientales. Asimismo, a través del TC CO-T1501 han apoyado el fortalecimiento de las capacidades institucionales de Colombia para integrar las FNCER, a fin de garantizar que la incorporación de estas fuentes intermitentes no genere mayores interrupciones en el sistema eléctrico.

Electromovilidad - Han financiado estudios sobre Interoperabilidad de infraestructura de carga de vehículos eléctricos en Colombia (Qurato, 2022), estructuración y lanzamiento de una línea de financiamiento de electromovilidad a través de canales financieros de primer y segundo nivel (Sumatoria et al. 2022), e Identificación de modelos de negocio y hojas de ruta para el desarrollo de una red pública de infraestructura de carga (USAENE. 2022). También se está financiado un estudio sobre electromovilidad fluvial (Universidad de los Andes. 2022).

HV2 – Apoyaron el desarrollo de la Hoja de Ruta de Hidrógeno de Colombia y presentaron una propuesta de Proyecto de Apoyo NAMA (NSP) al NAMA Facility, para la descarbonización de la industria a través del H2V (abril de 2022). Han estado apoyando la estructuración del Sandbox regulatorio H2, así como la formulación de una estrategia regional para armonizar la adopción de esquemas de certificación de origen para este vector energético.

Otros temas relevantes – Apoyaron la elaboración de la Estrategia Climática a Largo Plazo de Colombia - E2050. así como la Misión de Transformación Energética. y estudios sobre energía geotérmica y biogás.

⁵⁴ Colombia Inteligente es una iniciativa del sector privado, apoyada por operadores de red, agentes de transmisión, el operador del Mercado Eléctrico XM, igual que la participación del MME, promoviendo el desarrollo de Redes Inteligentes en Colombia. La iniciativa existe desde 2011, y en 2016 trabajó en el desarrollo de la hoja de ruta y la visión del país para las redes inteligentes con el apoyo del BID.

ANEXO V. Resumen del concepto de inversión del componente del Plan de Inversiones

COMPONENTE 1. Financiamiento de la Transición Energética a través de Bancóldex

Planteamiento del problema

La Transición Energética de Colombia está actualmente en marcha y evidenciando avances en la integración de las energías solar y eólica. A su vez, la prioridad para avanzar en una transición energética justa en Colombia pasa por cerrar la brecha de acceso a la energía existente a 2022, considerando todas las ZNI y proporcionándoles acceso a energías renovables. Para ello, se estima que el país cuenta con poco menos de medio millón de usuarios sin acceso actual a la electricidad. Las opciones para ampliar la cobertura para lograr el acceso universal incluyen la extensión de la red, el desarrollo de minirredes y el despliegue de soluciones fotovoltaicas individuales, como opciones alternativas que resultan más o menos viables dependiendo de la caracterización y la georreferenciación específica de los nuevos usuarios a ser atendidos. El desarrollo de este tipo de soluciones energéticas ha permitido acumular la experiencia necesaria que indica ha de ser posible generar las condiciones propicias para que el gobierno y los fondos públicos puedan compartir la participación con actores privadas, para desarrollar soluciones de energización sostenible, y dar un rol activo a los usuarios, mediante el uso de nuevos modelos de negocio. Para probar estos nuevos modelos, incluyendo la participación privada, el uso de recursos concesionales podrá convertirse en un factor decisivo, partiendo de la base de casos de estudio exitosos que han sido desarrollados con financiamiento comercial. El ligar el acceso a la energía con usos productivos de la misma, a efectos de generar desarrollo social en los hogares y comunidades beneficiarias de estas soluciones, será un elemento fundamental para su sostenibilidad y sentido en el marco de la transición energética que el país requiere.

En cuanto a la digitalización de la red de distribución, si bien el país ha podido avanzar en la estimación de los beneficios potenciales y el ahorro de costos que se obtendrán del despliegue de la infraestructura asociada (AMI), hasta el momento solo algunos proyectos piloto por parte de grandes operadores de red (ORs) han sido desarrollados. El MME ha propuesto metas para la masificación de medidores inteligentes para 2030, siendo el objetivo actual que el 75% de los usuarios finales de energía tengan instalados medidores inteligentes para tal año, lo que representa más de 12 millones de medidores para entonces. Sin embargo, una barrera legal introducida en 2021 y parcialmente superada en junio de 2022 CREG han retrasado la regulación pertinente, para que los operadores estén dispuestos a realizar las inversiones necesarias para obtener la masificación deseada, con la certeza de que estas serán remuneradas en el tiempo a través de las tarifas reguladas. Con base en nueva regulación esperada para finales de 2022 y el apoyo de programas como el CIF-REI al despliegue masivo de AMI, los usuarios finales podrán entrar a formar parte activa del SIN, así como más fácilmente acceder a producir su propia energía y vender sus excedentes a la red. A partir de esta posibilidad, y en conjunto con el desarrollo de soluciones de energización rural en ZNI, bajo esquemas que cuenten con la participación de Operadores de Red del SIN u otros inversionistas privados, más la participación activa de los usuarios, se busca apoyar un estallido solar equivalente a la masificación del acceso a la energía solar, a través de la tecnología fotovoltaica. Esto irá acompañado del desarrollo del concepto de comunidades energéticas que brinden un empoderamiento real de los usuarios frente a su participación en las actividades de generación y consumo de la energía eléctrica.

A modo de contexto, las comunidades energéticas, en la visión de la Unión Europea - UE, contribuyen a aumentar la aceptación pública de los proyectos de energía renovable y facilitan la atracción de inversiones privadas en la transición de energía limpia. Al mismo tiempo, tienen el potencial de brindar beneficios directos a los ciudadanos al aumentar la eficiencia energética, reducir sus facturas de electricidad y crear oportunidades de empleo locales. Estas comunidades no son en sí mismas iniciativas comunitarias aisladas de los sistemas convencionales de prestación del servicio de energía eléctrica, sino que son concebidas como una iniciativa que puede brindar flexibilidad al sistema eléctrico a través de la respuesta a la demanda y el almacenamiento, además de ser un mecanismo para reestructurar los sistemas energéticos al aprovechar la energía y permitir que los ciudadanos participen activamente en la transición energética y, por lo tanto, disfruten de mayores beneficios (Ministerio Federal del Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear alemán, 2021).

Adicionalmente, si bien la UPME seguirá impulsando la tecnología HVDC y otros proyectos de tecnología de flexibilización de la red, teniendo en cuenta su justificación técnico-económica, estos se implementarán de acuerdo con lo que el marco de expansión del sistema permita, y los usuarios deberán asumir los costos resultantes. Dichos proyectos garantizarán el funcionamiento adecuado del sistema y un suministro de energía confiable en el futuro, a medida que siga creciendo la adopción de FNCER variables. Sin embargo, si surge alguna posibilidad de utilizar recursos concesionales para acelerar este tipo de proyectos que podrán reducir los costos totales del sistema y propiciar una mayor integración de tales fuentes (principalmente eólica y solar), esto ha de ser posible siempre que se estén anticipando los beneficios a ser obtenidos y reduciendo los costos mismos a ser trasladados a los usuarios.

Por otra parte, en este momento el país se posiciona como líder de la región en crecimiento de la electromovilidad, habiendo presentado ventas de 1296 VE en 2021 y 1097 VE en los primeros 3 meses de 2022, seguido de México con 1140 VE en el mismo año y 570 en el primer trimestre de 2022⁵⁵. Este alto volumen de penetración de vehículos eléctricos asciende a un récord de 8.128 VE registrados en el país a mediados de 2022. Sin embargo, a medida que crece el número de VE la demanda de estaciones de carga se torna crítica, en la medida en que un puesto de carga rápida o semi-rápida debe estar disponible por cada 10 o 33 vehículos eléctricos en circulación⁵⁶. Del mismo modo, a fin de lograr un impacto representativo en la reducción de emisiones del sector transporte, se hace necesario acelerar la transición de la electrificación tanto del transporte público masivo (sistemas de buses, trenes, tranvías y metros eléctricos), como la sustitución de vehículos de carga (bien sea por vehículos basados en baterías o de celdas de combustible). En el caso de ciudades principales como Bogotá y Medellín, proyectos como el Metro de Bogotá, el Metro de la 80 en Medellín, y sistemas de trenes regionales Regiotram entre Bogotá y sus municipios aledaños, son proyectos que aun requieren financiamiento y que además de contribuir al desarrollo económico y social de estas ciudades y regiones generarán una demanda eléctrica representativa del orden de 0,5 TWh/año que apalancará la integración de FNCER previstas dentro del SIN.

⁵⁵ DW, 2022.

⁵⁶ Una estación de carga de VE por cada 10 vehículos eléctricos que requieren cargar utilizando la infraestructura pública de carga, que es equivalente a un promedio de una estación de carga por cada 33 vehículos eléctricos existentes, teniendo en cuenta que se espera que aproximadamente el 70% de dichos vehículos sean cargados "en casa", usando cargadores lentos.

Finalmente, con la adopción de la Hoja de Ruta del hidrógeno para Colombia en 2021, el desarrollo de capacidades de producción de H2V apenas está comenzando a implementarse. Muchas empresas están interesadas en el desarrollo de este nuevo vector energético, como e-combustible con el potencial de sustituir progresivamente los combustibles fósiles, y están uniendo esfuerzos a través de asociaciones como H2 Colombia y la Cámara de H2 de la ANDI y NATURGAS. Sin embargo, los altos costos asociados a la tecnología disruptiva de la electrólisis, y la falta de un historial de despliegue de la misma a gran escala, marcan retos para que los inversionistas apuesten por el desarrollo de los primeros proyectos. Dado el papel prometedor que este elemento representa para la descarbonización de la industria y los sectores de transporte pesado, Colombia está ampliamente interesada en desarrollar una economía futura de H2 y convertirse en un centro regional que en parte pueda sustituir sus exportaciones actuales de petróleo en la medida en que el mundo avance hacia economías de cero-emisiones no basadas en combustibles fósiles más allá de 2050.

Las altas tasas de interés de los préstamos actuales, además de los altos costos de la tecnología y la depreciación de la moneda local, hacen necesaria la obtención de recursos con condiciones financieras especiales (concesionales) que hagan posible a los inversionistas desarrollar sus proyectos, permitiendo un crecimiento económico sostenido en los próximos años. Por lo tanto, las facilidades financieras como las que está en capacidad de facilitar el programa CIF-REI son necesarias para no retrasar el progreso que espera obtenerse de aquí a 2030 a fin de cumplir con los objetivos de reducción de emisiones y encausar el rumbo hacia el logro de la ambición de carbono neutralidad para 2050.

Contribución propuesta para iniciar la transformación

El programa CIF-REI para Colombia pretende producir un cambio transformador positivo hacia una transición energética acelerada, a partir de la promoción de posibles proyectos a ingresar al pipeline de los bancos de desarrollo local en las siguientes áreas:

- Iniciativas de acceso basadas en soluciones de electrificación con FNCER a localidades de ZNI, involucrando la participación tanto del sector privado como de los usuarios y las comunidades mismas, con el objetivo de implementar modelos de negocio que resulten sostenibles en el largo plazo, al tiempo que se involucran criterios de calidad y confiabilidad en la prestación del servicio. Lo anterior, como habilitante de la conformación de comunidades energéticas y desarrollo de la economía popular.
- La masificación de AMI, facilitando la inversión de parte de los operadores de red, para desplegar sus primeros programas comerciales de medidores avanzados, una vez sea eliminada la incertidumbre regulatoria con relación a la posibilidad de recuperación de tales inversiones en el tiempo a través de las tarifas reguladas. Con esto, se busca habilitar la capacidad de los usuarios para participar activamente tanto de la generación como el consumo de energía eléctrica, propiciando la democratización del sector.
- Las líneas HVDC que permitan integrar o expandir los mercados regionales con países vecinos como Panamá y Ecuador, o el transporte de generación eólica y solar de la Guajira hacia el interior del país, sumadas a otras tecnologías que brinden flexibilidad al sistema, como son los FACTS, DFACTS, STATCOM y otros.
- Tanto la adquisición de flotas de vehículos eléctricos, incluyendo automóviles, camiones, autobuses, trenes, tranvías o metros, como el despliegue de infraestructura de carga rápida

y semi-rápida para VE, liderado por el gobierno o instituciones públicas, y contando con la participación del sector privado, para permitir un crecimiento continuo en la adopción de VE. En el caso de infraestructura de carga de VE, se busca se puedan desencadenar dinámicas que más adelante permitan que los modelos de inversión privada operen por su cuenta para desplegar un crecimiento natural de esta infraestructura, una vez que haya sido alcanzada una masa crítica de vehículos.

- Proyectos de H2V que catalicen el desarrollo de capacidades de producción de tal vector energético, junto con la apropiación de tecnologías de manejo, almacenamiento y uso que permitan que este energético se convierta eventualmente en un sustituto de los combustibles fósiles actualmente utilizados en la industria y los segmentos de transporte pesado, con el fin de contribuir a la descarbonización de tales sectores.

Preparación para la implementación

Los BND son entidades que cuentan con el potencial y la capacidad para actuar como entidades implementadoras del programa CIF-REI para Colombia, con lo cual, los recursos asignados podrán serles entregados a través de los BMD, para su adecuado manejo y colocación. Como tal, estas entidades son clave en la identificación de un pipeline o portafolio de proyectos que incluyan proyectos suficientemente maduros y promisorios para ser ejecutados en un plazo de aproximadamente 3 años.

En tal sentido, los bancos de desarrollo local han indicado hasta ahora contar con un pipeline preliminar de algunos proyectos alineados con los criterios de elegibilidad aquí presentados, por lo que serán evaluados caso por caso para obtener el apoyo del programa.

En términos de AMI, tanto los grandes operadores de red como los pequeños han manifiesto tener interés en cualquier asistencia que les pueda ser brindada para la preparación del proyecto piloto que exige la regulación deben haber realizado para poder elaborar y presentar sus planes de despliegue de infraestructura, razón por la cual el Programa podrá procurar dirigir su asistencia (ej. a través de la destinación de recursos concesionales) a la financiación de tal tipo de proyectos en el caso de agentes con menos acceso a las facilidades de financiamiento.

Los recientes casos de éxito de participación de empresas privadas en la provisión de soluciones basadas en FNCER en ZNI para el cambio de sistemas de generación basados en diésel por esquemas híbridos, demuestran la idoneidad de dichos modelos de negocio a través de contratos de PPA suscritos entre empresas con capacidad y experiencia para la construcción y operación de plantas fotovoltaicas y empresas comercializadoras que atienden a usuarios de ZNI.

En el caso de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos, las principales empresas de servicios públicos y operadores de red en Colombia han compartido su interés en acceder a los recursos CIF-REI para el despliegue de estaciones de carga públicas o semipúblicas⁵⁷ como parte de los planes que están desarrollando, en algunos casos, con empresas interesadas en la adopción de flotas de ej. camiones eléctricos. Además, algunos tienen planes para desplegar infraestructura de carga rápida a lo largo de las principales autopistas y carreteras que conectan las principales ciudades del

⁵⁷ Estaciones reservadas para el uso de flotas comerciales específicas en ciertos momentos del día, y abiertas al público en general a otras horas, asegurando así la adecuada carga de flotas controladas (ej. camiones eléctricos o vehículos utilitarios que cargan en una franja horaria determinada para luego iniciar sus recorridos), al tiempo que se potencializa el uso de la infraestructura a otras horas del día en las que puede ser de servicio a otros.

país, y algunos de ellos ya han comenzado a hacerlo y están aguardando a que se incremente el número de vehículos eléctricos para obtener un caso de negocio financiable.

En el caso de nuevos sistemas de transporte masivo proyectados a ser desarrollados en ciudades principales del país, sistemas como el metro de Bogotá ha iniciado su construcción en 2021 y se espera su entrada en operación al 2028, siempre y cuando las obras previstas logren un adecuado financiamiento bajo las condiciones macroeconómicas evidenciadas al cierre del año 2022.

Justificación de la financiación CIF-REI

Los proyectos a ser financiados por el programa CIF-REI para Colombia deberán poder ser clasificados bajo cualquiera de las siguientes categorías:

- Escalamiento de tecnologías habilitantes para energías renovables: tecnologías asociadas a AMI, H2V, tecnologías que brinden flexibilidad a la red como sistemas de almacenamiento basados en baterías, equipos de manejo de reactivos como FACTS, DFACTS, STATCOM u otros, infraestructura de carga de vehículos eléctricos y despliegue de flotas y sistemas de transporte eléctrico.
- Escalamiento de tecnologías habilitantes para energías renovables: interconexiones regionales y líneas de transmisión necesarias para habilitar la evacuación de la energía eólica y fotovoltaica de áreas de alto recurso a regiones con concentración de la demanda.
- Apoyo a la innovación en energías renovables: programas innovadores que permitan el suministro confiable de energía a través de FNCER en las ZNI, que impliquen la participación del sector privado y el rol activo de los usuarios, a través de nuevos modelos de negocio.
- Mejora en el diseño y operación del sistema y del mercado: fomento a la participación de nuevos agentes en el mercado de generación, y la participación de empresas con experiencia en el desarrollo y operación de soluciones que garanticen el acceso a los servicios de electricidad a través de la asignación eficiente de subsidios, y la obtención de bajos costos para los usuarios, y calidad y confiabilidad aceptables.

Todos estos proyectos deberán contribuir a la integración actual o futura de capacidades crecientes de energía renovable, teniendo en cuenta principalmente las altas capacidades de generación fotovoltaica y eólica que se espera puedan ser incorporarán al sistema eléctrico en los próximos 3 a 4 años, y más adelante hacia el 2030.

Al mismo tiempo, si bien el consumo de electricidad representa actualmente aproximadamente el 18.6% de la demanda final de energía del país, tanto el GdC como el Programa CIF-REI tienen la intención de aumentar esa cifra en la medida en que se apoyan la electrificación del transporte y la industria. En la medida en que esto se logre, se espera que la electricidad pueda participar en más del 50% del consumo final de energía para 2050.

Indicadores de resultados

Los siguientes serán los indicadores de resultados a ser monitoreados a lo largo de la ejecución de este componente dentro del Plan de Inversiones CIF-REI para Colombia:

- Capacidad acumulada en MW de soluciones basadas en FNCER que proporcionan acceso a la energía en ZNI
- Número de usuarios beneficiados con despliegue de AMI
- Capacidad de flexibilidad instalada (MVAR o similar), para FACTS, DFACTS, STATCOM o proyectos similares, para manejo de energía activa o reactiva generada o requerida para balance del sistema a causa de generación con FNCER
- Capacidad de transporte instalada (en MW o MVA) asociada a energía activa proveniente de FNCER
- No. de estaciones de carga rápida y semi-rápida para VE y número de sistemas de transporte desarrollados o nuevos VE adquiridos
- Capacidad de producción de hidrógeno verde (toneladas H2V / año) que se pueden asociar a una potencial / futura reducción de eventos de no-despacho de plantas de generación eólica y/o solar FV (en la medida en que aumente la capacidad de generación instalada con estas fuentes en función del desarrollo de tales opciones de flexibilidad)
- Emisiones de GEI reducidas o evitadas (Toneladas CO2eq) – directa/indirectamente

Plan de financiación. incluidos los instrumentos financieros

Fuente de financiación →		CIF-REI (Canalizados a través de BID)		Apalancamiento		
				BID	CTF	Recursos propios de Bancóldex. FDN y BID Invest. capital y/o préstamos comerciales
EI → Componente ↓		Bancóldex	FDN	Bancóldex y FDN	Bancóldex	Bancóldex y FDN
1	Financiación de la transición energética	US\$34 m. (US\$33,25 m. concesional* + 0,75 m. AT**)	US\$34 m. (33,25 m. concesional* + 0,75 m. AT**)	US\$79 millones.	US\$5,0 m. (3,5 m. concesional* + 1,5 m AT**)	US143,3 m.
Subtotal		US\$68 millones.		US\$227,3 millones.		
TOTAL		US\$ 295,3 millones (70 m. concesional + 3 m. AT + 222.3 m. capital ordinario y de terceros)				

* Concesional: condiciones correspondientes a tasa de interés de 0.98%, hasta 20 años de plazo y 8 años de periodo de gracia

** AT: recursos no reembolsables a ser utilizados principalmente para manejo de riesgo cambiario y asistencia en temas de inclusión

Calendario de preparación del proyecto

Para la operación con Bancóldex:

	2022	2023				2024				2025				2026			
	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Aprobación del PI	X																
BID - Preparación de la operación con Bancóldex		X	X														
Acuerdo oficial				X													
1er desembolso					X												
Ejecución					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Para la operación con FDN

	2022	2023				2024				2025				2026			
	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Aprobación del PI	X																
BID – Preparación de la operación con la FDN		X	X	X	X												
Acuerdo oficial						X											
1er desembolso							X										
Ejecución							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Financiación de componentes no reembolsables (US\$1. 5 millones)

Las siguientes actividades son consideradas para la solicitud de recursos no reembolsables, como parte de la partida presupuestal total por US\$68 millones requerida para la ejecución de este componente del Plan de Inversiones:

Cobertura de divisas: fondos que se utilizarán para obtener cobertura de riesgo ante variaciones en la tasa de cambio, con el fin de que los BMD y BND puedan proporcionar préstamos en moneda local.

Inclusión social y de género: recursos a utilizar para la ejecutar actividades y acciones dirigidas a promover la inclusión social y de género entre las Els, lo mismo que entre los sub-prestatarios y/o proveedores. Estas actividades podrán incluir:

- Reducciones condicionales en las tasas de interés
- Programas para el desarrollo de capacidades
- Programas de formación en empleabilidad, innovación y/o emprendimiento
- Monitoreo y presentación de informes asociados

COMPONENTE 2. +H2 Colombia a través de FENOGÉ

Planteamiento del problema

El objetivo de lograr reducciones de emisiones de GEI a fin de cumplir tanto con los compromisos de la NDC a 2030, como con la descarbonización de largo para obtener la carbono-neutralidad de la economía del país a 2050 implica producir transformaciones ambiciosas tanto en el sector AFOLU como en el energético. En el caso del sector energético, tales transformaciones incluyen las de segmentos intensivos de consumo de energía como el transporte y la industria, que actualmente dependen principalmente del consumo de combustibles fósiles. Para lograr dicha transición, es necesaria la electrificación directa e indirecta de estos sectores a través del uso de FNCER, considerando la opción de la producción de e-combustibles como una solución que jugará un papel relevante en la descarbonización de actividades que dependen de usos finales de energía térmica que son técnicamente imposibles de electrificar. Para ello, el uso de energías renovables para producir H2V, y su uso como combustible de cero emisiones, permitirá parcial y progresivamente que la sustitución de combustibles fósiles tenga lugar en aplicaciones donde otras tecnologías renovables no son factibles.

A escala global, el hidrógeno está atrayendo un gran interés como instrumento clave de la transición energética hacia la adopción y gestión de fuentes de energía limpias y sostenibles. El hidrógeno es el elemento más simple y ligero de la tabla periódica y su versatilidad como materia prima industrial, combustible y vector energético para el almacenamiento y transporte de energía permite un gran número de aplicaciones, la mayoría de las cuales apenas están empezando a desarrollarse. Además, la combustión o el uso de hidrógeno a través de celdas de combustible no produce emisiones GEI o contaminantes. Dada su reactividad, el hidrógeno no suele producirse de forma aislada en la naturaleza, teniendo que ser extraído del agua, hidrocarburos o biomasa. Dependiendo de su medio de extracción, y de la fuente de energía que sea utilizada, las emisiones asociadas al CO₂ para producir H₂ varían, con la ventaja de ser nulas cuando se utilizan energías renovables para producirlo a través del proceso de electrólisis, que utiliza agua pura y electricidad (caso en el que el H₂ obtenido se denomina H₂ verde). Sin embargo, el H₂ producido actualmente, que es utilizado principalmente como materia prima para el procesamiento de petróleo en refinerías y la producción de amoníaco para la industria de fertilizantes, es producido a través del reformado de metano con vapor (SMR), un proceso que extrae el H₂ del gas natural, liberando unas 8.9 t de CO₂eq por cada t de H₂ extraído (obteniendo así lo que se denomina como H₂ gris). Desafortunadamente, comparando el costo de producir H₂ gris con el de producir H₂V, la diferencia actual es desventajosa para el H₂V, cobijando un rango de entre 2 y 3 veces el costo del H₂ gris, dependiendo principalmente de la calidad del recurso específico de FNCER usado, y por lo tanto del costo nivelado de energía (LCOE) para la electricidad utilizada en el proceso de electrólisis.

El hidrógeno de bajas emisiones contribuirá a acelerar el logro de la estrategia de descarbonización de Colombia, comenzando por objetivos fijados a 2030 de alcanzar costos de producción del H₂V del orden de 1,7 USD / t H₂V, en comparación con los actuales 4,9 a 6 USD / t si se utiliza electricidad de la red eléctrica, Vs. Los actuales 1,7 a 2,3 USD / Ton para la producción local de H₂ gris vis SMR (costos a 2021). Como vector energético, el hidrógeno acelerará el despliegue de Fuentes de Energía Renovables No Convencionales (FNCER) variables como la energía solar y eólica, a través del

almacenamiento estacional de energía y su transporte a los centros de demanda. Sin embargo, para llegar a tal punto, la demostración de la tecnología y la reducción de costos deben ser primero logrados en los próximos años.

Contribución propuesta para iniciar la transformación

Con base en la Hoja de Ruta del H2 para Colombia, la visión del país en desarrollar H2 de bajas emisiones para aplicaciones industriales y de transporte, y desplazar así parcialmente el uso de combustibles fósiles, incluye la incorporación de una capacidad de electrólisis de entre 1 y 3 GW, acompañada de una capacidad de generación eólica y /o fotovoltaica de 1,5 a 4 GW para la producción de 70 kt H2V a 2030. Esta visión va acompañada por el despliegue de una flota de entre 1.500 y 2.000 vehículos ligeros de celda de combustible, más entre 1.000 y 1.550 vehículos pesados de celda de combustible y 50 a 100 estaciones de repostaje de hidrógeno. La construcción de dicha infraestructura requerirá entre USD 2,5 y USD 5,5 mil millones en inversión, generando entre 7.000 y 15.000 nuevos empleos, y produciendo ahorros totales acumulados de emisiones de GEI de 2,5 a 3 millones de tCO2eq entre 2022 y 2030, equivalente a reducciones anuales del orden de 0,7 millones de tCO2eq / año para 2030.

Con el fin de promover el desarrollo de dichas capacidades, en 2022 FENOGE lanzó una convocatoria denominada +H2 Colombia para la identificación de proyectos en cualquiera de los segmentos de la cadena de valor del hidrógeno de bajas emisiones (incluidas la producción, el almacenamiento, el transporte, el manejo y diversos usos finales de hidrógeno verde o azul), con el fin de apoyar proyectos priorizados, con facilidades de financiación. Dichas facilidades están previstas en un primer momento para cofinanciar la ejecución de estudios de pre/factibilidad utilizando una buena porción de recursos no reembolsables, complementados con recursos propios de sus promotores o desarrolladores, y luego se espera ofrecer financiación especial a través de recursos concesionales y de subvención que puedan ser dispuestos a partir de fondos públicos, cooperación internacional y otras fuentes a las que FENOGE pueda tener acceso. A esta convocatoria se presentaron 58 solicitudes, y de la evaluación realizada por FENOGE con asistencia técnica de GIZ, USAID y KEXIM, se seleccionaron 10 proyectos para el financiamiento inicial de estudios de pre-inversión, destinando USD 1,5 millones de recursos propios de FENOGE para tal efecto.

FENOGE espera poner a disposición más fondos tanto para apoyar otros estudios como para permitir posteriormente la financiación para su ejecución. El Fondo también prevé abrir una ventana permanente para que los desarrolladores presenten sus propuestas de proyectos estructurados en solicitud de acceso a estas facilidades financieras. A través del componente de AT no. 2. De este PI se están entonces solicitando US\$ 2,0 millones en recursos no reembolsables para ser destinados a este propósito.

Paralelamente, en abril de 2022, el GBID también presentó al NAMA Facility un Proyecto de Apoyo NAMA (NSP) para la descarbonización de la industria a través del uso de hidrógeno verde, habiendo el mismo sido preseleccionado para su evaluación en profundidad, la cual se llevó a cabo en agosto de 2022. En caso de dicho NSP llegar a ser aprobado para pasar a la Fase de Preparación Detallada (DPP) y luego ser aprobado para su implementación, se espera que uno de los principales socios implementadores del NSP sea el FENOGE. Como parte de esta iniciativa, preliminarmente se ha identificado un pipeline tentativo de proyectos potenciales para ser apoyados en la industria de fertilizantes, seguidos de oportunidades en la producción de metales no ferrosos, la galvanización

de acero, la hidrogenación de aceites y la fabricación de vidrio flotado, más el uso de montacargas con celdas de H₂ para operaciones logísticas. Más adelante, también se prevé la estructuración de proyectos en las industrias del hierro y el cemento para su ejecución entre 2030 y 2040. El total de los recursos potenciales de subvención que se recibirían del NAMA Facility asciende a los EUR 25 millones, y de lograrse apalancar aprox. EUR 335 millones más, se estima que las reducciones potenciales de emisiones a ser generadas estarían en el orden de 192 kT CO₂eq / año para 2030 y ascenderías hasta unas 715 kT CO₂eq / año para 2040 (con financiación adicional requerida para proyectos verdes previstos para la producción de cemento y acero).

Además, teniendo en cuenta las ventajas asociadas al hidrógeno en comparación con la electricidad para aplicaciones de transporte, en términos de un mayor alcance y menores tiempos de reabastecimiento, el hidrógeno tiene un buen potencial especialmente en el segmento del transporte pesado por carretera, al igual que en segmentos como los del transporte marítimo y aéreo. Junto con los vehículos eléctricos basados en baterías, los camiones de celda de combustible y los buques y aviones impulsados por hidrógeno, o e-combustibles derivados del mismo, hacen posible la descarbonización total del sector del transporte, independientemente del tiempo que pueda tomar para que estas tecnologías hayan sido plenamente adoptadas. Como paso inicial en la aplicación de H₂ para el transporte en Colombia, Ecopetrol ya lanzó en 2022 un primer proyecto piloto de H₂V en el que se incorporó un vehículo de pila de combustible Toyota Mirai H₂, siendo ese el primer vehículo con celda de H₂ en operar en el país. Además, Ecopetrol planea tener un piloto de buses de celda de combustible operando para finales de 2022 en Bogotá, mientras que el Grupo de Energía de Bogotá planea desarrollar un piloto de flota de autobuses de celdas de H₂ que estaría funcionando para 2025 en el sistema Transmilenio.

Sumando todos los proyectos atraídos por la convocatoria del FENOGGE, más el posible NSP del NAMA Facility y otras iniciativas alineadas con la Hoja de Ruta de H₂ para Colombia, se cuenta con un gran potencial de proyectos para materializar los primeros pasos en la explotación del potencial de producir reducciones de hasta 13,2 millones de toneladas CO₂eq / año para el año 2050, dando una perspectiva de la amplia cabida que este plan de inversión tiene dentro de la cartera de financiamiento requerida para el desarrollo de esta campo específico del H₂V.

Preparación para la implementación

Como se mencionó anteriormente, la convocatoria de proyectos de FENOGGE identificó 58 iniciativas relacionadas con H₂ de bajas emisiones, el 60% de las cuales correspondieron a la producción de H₂ verde, el 12% a soluciones de acondicionamiento y transporte del energético, y el 28% a aplicaciones de uso final. Sobre la base de un exhaustivo ejercicio de evaluación, se seleccionaron 10 de estas iniciativas para recibir financiamiento de sus estudios de pre-inversión, beneficiándose así a 9 empresas, entre las cuales se encuentran un comercializador de energía, un productor de biogás, una empresa de fabricación de carrocerías de autobuses, una universidad y varios desarrolladores de proyectos de energía renovable y H₂V.

Colombia ya cuenta con dos pilotos de H₂V operativos en funcionamiento desde 2022, uno de los cuales consiste en la producción de H₂V para su uso en la Refinería de Cartagena de Ecopetrol, y el otro en su producción para inyección y la producción de mezclas con gas natural, para distribución a través de redes de gas de Promigas que alimentan principalmente a usuarios industriales en el área industrial de Mamonal en las afueras de la ciudad de Cartagena.

Desde 2021, el país también cuenta con una Asociación Colombiana de Hidrógeno (H2 Colombia), igual que una Cámara del Hidrógeno desde 2022 dirigida por la Asociación Nacional de la Industria - ANDI y la Asociación Colombiana de Gas Natural - Naturgas.

Justificación de la financiación de CIF-REI

El uso de los recursos de subvención para la ejecución de estudios de pre-inversión reducirá el riesgo para los desarrolladores y ayudará a estructurar adecuadamente los proyectos financiados. De otro lado, estos recursos potencialmente apalancarán el uso de recursos concesionales del Componente 1 de este PI, junto con mayores recursos de terceros para el financiamiento de la ejecución misma de los proyectos a ser así estructurados bajo el Componente 2.

El apoyo a la producción de este tipo de estudios con la participación de consultores extranjeros y locales producirá una transferencia de conocimiento necesaria para el desarrollo de capacidades a nivel local, que se espera puedan ser difundidos ampliamente tanto por FENOGE como por el BID, a través de eventos de socialización e intercambio de experiencias como parte del desarrollo del programa CIF-REI.

El potencial de crecimiento de este campo, basado en la incorporación e integración de cuotas crecientes de energía renovable, se considera suficientemente vasto (ej. entre US\$ 2,5 y 5,5 mil millones), al tiempo que permitirá la descarbonización y la electrificación indirecta de los sectores de la industria y el transporte. Teniendo en cuenta que el elemento más relevante para el programa CIF-REI radica en el hecho que el apoyo a estas iniciativas redunde en la capacidad del sistema eléctrico nacional de absorber márgenes crecientes de FNCER variables como son la solar FV y la eólica, la capacidad de producción de este tipo de e-combustibles (ej. H2V. amoniaco verde o sus derivados) para su almacenamiento permitirá con el tiempo gestionar una gran parte de excedentes y volúmenes de energías renovable a ser almacenada en esta forma gracias a las altas capacidades de electrólisis a ser desplegadas, que podrán ser utilizadas junto con instalaciones futuras de almacenamiento y generación para garantizar la estabilidad de la red en todo momento, como lo establece factible la Hoja de Ruta de H2 para Colombia para el periodo 2040-2050.

Indicadores de resultados

Los siguientes serán los indicadores de resultados a ser monitoreados a lo largo de la ejecución de este componente dentro del Plan de Inversiones CIF-REI para Colombia:

- No. de proyectos a recibir asistencia técnica para estudios de pre-inversión
- Capacidad potencial de producción de H2V (Toneladas H2V / año) evaluada y probada como factible acompañada de una estructuración técnica y financiera
- Emisiones potenciales de GEI que deben reducirse o evitarse (Toneladas de CO2eq) – directa/indirectamente gracias al desarrollo de los proyectos de H2V que resultan factibles
- Capacidad de energía renovable que se instalará (en MW o MVA para el caso de transporte) para la producción de H2V

Plan de financiación. incluidos los instrumentos financieros

Fuente de financiación →		CIF-REI (Canalizados a través de BID)	Apalancamiento	
			Recursos propios de FENOGE, fondos bilaterales y otros	
Componente ↓ / EI →		FENOGE		
2	+H2 Colombia	US\$2 millones (AT)	US\$ 2,7 millones	
TOTAL		US\$ 4.7 millones		

Calendario de preparación del proyecto

	2022	2023				2024			
	P4	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Aprobación del PI	X								
BID - Preparación de la operación con FENOGE		X							
Desembolso			X						
Ejecución				X	X	X	X	X	

ANEXO VI. Reglamentación en apoyo a la integración de las FNCER

Tabla 6. Reglamentación en apoyo a la integración de las FNCER en Colombia

Regulación	Descripción
Autogeneración de pequeña escala y generación distribuida (CREG 030-2018, 135-2021 y 174-2021)	La Resolución CREG 174-2021, precedida por las resoluciones 135-2021 y 030-2018, establecen condiciones para que los autogeneradores vendan sus excedentes de electricidad bajo condiciones preferenciales para sistemas inferiores a 100 kW, y diferenciadas para aquellos por debajo de 1 MW como umbral de pequeña escala, al tiempo que se habilitan procedimientos simplificados de conexión para proyectos por debajo de 5 MW. En conjunto con esto, se establece un marco regulatorio completo para los usuarios que desean convertirse en autogeneradores y las empresas de servicios públicos que desarrollan proyectos de generación distribuida.
Conexión de sistemas de generación fotovoltaica y eólica a la red (CREG 060-2019, 075-2021 y 148-2021)	La Resolución CREG 060-2019 modificó el reglamento operativo que data del año 1994, habilitando la conexión de proyectos tanto fotovoltaicos como eólicos al Sistema de Transmisión Nacional (STN), introduciendo los requisitos técnicos específicos necesarios que deben cumplir este tipo de tecnologías para garantizar el funcionamiento seguro y confiable del sistema. La Resolución 148-2021 hizo lo mismo para los Sistemas de Distribución Local (SDL) y la Resolución 075-2021 actualizó los procedimientos a seguir para la asignación de autorizaciones de conexión a la red y asignación de capacidades de transporte para nuevos proyectos (incluyendo fotovoltaicos, eólicos y otros).
Cálculo de energética firme para proyectos de FNCER (CREG 201-2017, 167-2017, 132-2014 y 153-2013)	Cuando se estableció con la resolución CREG 071-2006 la forma en que se calcularía la energía firme para participar en las subastas del cargo por confiabilidad, no se consideraron entonces las tecnologías fotovoltaica ni eólica. Sin embargo, las metodologías para estas dos tecnologías se introducirían más adelante, lo que llevaría a la resolución 167-2017 que aborda el caso de los parques eólicos y la resolución 201-2017 para los proyectos fotovoltaicos. En el entretanto, también fueron introducidas metodologías para determinar las contribuciones en energía firme por parte de los proyectos de biomasa y geotermia a través de la formulación de la resolución CREG 153-2013 para la biomasa y la resolución 132-2014 para la geotermia.
Directrices de integración y remuneración de AMI (MME 40459-2019, CREG 101 001-2022 y 701-011)	La Resolución 40072-2018 estableció por primera vez directrices y objetivos para la implementación de AMI. El objetivo establecido entonces consistió en que el 95 % de los usuarios urbanos y el 50 % de los usuarios rurales debían tener AMI para 2030. Sin embargo, dicho objetivo fue revisado por la resolución 40459-2019, reduciéndose al 75% de todos los usuarios del SIN a 2030. Seguidamente, la resolución 101 001-2022 introdujo una vía a través de la cual será posible la recuperación parcial de las inversiones a ser incurridas por los operadores de red para el despliegue de tal infraestructura, pero limitada por la disposición establecida en el artículo 56 de la Ley 2099 que prohibía a los usuarios finales remunerar los costos asociados a los medidores y su instalación. Posteriormente, con la sentencia de la Corte Constitucional C-186 de 2022 que declaró inexecutable el artículo 56, y el proyecto de resolución

	<p>CREG 701-011 se ha eliminado dicha restricción y se espera que la remuneración completa de las inversiones vía tarifa sea posible, habilitando así el despliegue de AMI, seguramente a partir del año 2023.</p>
<p>Requisitos técnicos para estaciones de carga de vehículos eléctricos (MME 40223-2021)</p>	<p>La Resolución 40223-2021 fue la primera en establecer requisitos mínimos que deben cumplir los agentes que instalan infraestructura de carga de vehículos eléctricos para suministrar servicios de estos vehículos a los usuarios o al público general. En este sentido, se estableció la necesidad de cumplir con las directrices de seguridad eléctrica del RETIE⁵⁸, al igual que de ofrecer al menos un conector Tipo 1 en cada estación de carga AC Nivel 2 o Nivel 3, y al menos un conector CCS Tipo 1 en cada estación de carga DC Nivel 3. Al mismo tiempo, se estableció que los conectores deben estar debidamente certificados de acuerdo con las normas internacionales aplicable, y que el costo de dicho servicio puede ser establecido libremente por el agente que ofrece el servicio, sin estar regulado.</p>
<p>Ampliación de la cobertura de la red eléctrica en las ZNI (Decreto MME 099-2021. CREG 701 001-2022. 701 005-2022 y 701 006-2022)</p>	<p>El Decreto 0999-2021 del MME introdujo la posibilidad de que la ampliación de la cobertura del servicio eléctrico se realice a través de i) Redes Físicas o ii) Redes logísticas y de servicio. La última de estas dos posibilidades, refiriéndose al caso en el que los Operadores de Red (del SIN) desarrollen soluciones individuales para atender a usuarios aislados, a la vez que se encargan de la administración, operación y mantenimiento de dichos sistemas. El Decreto también estableció que las inversiones necesarias pueden realizarse con recursos públicos, privados o combinados, para ser remuneradas a través de esquemas tarifarios proporcionados por el CREG para tal fin. También como punto muy importante, se planteó la necesidad de priorizar las FNCER y el gas licuado de petróleo (GLP) para determinar soluciones centralizadas o individuales, procurando siempre las alternativas más económicas y técnicamente eficientes. Posteriormente, se han emitido las resoluciones CREG 701-001, 701-005 y 701-007 de 2022 para su ulterior pronunciamiento sobre este decreto.</p>
<p>Adopción de estándares internacionales para FNCER y movilidad eléctrica por parte de ICONTEC, más la actualización del Código Eléctrico Colombiano.</p>	<p>Otros actos administrativos relacionados complementan la regulación y resoluciones descritas anteriormente, mientras que desde el aspecto técnico ICONTEC ha producido más de 40 estándares en relación con la tecnología solar FV y su utilización (ej. en modelado del recurso solar, tecnologías térmicas y todos los componentes relacionados con la tecnología FV), al menos 11 estándares para energía eólica, 33 estándares en relación con vehículos eléctricos y su infraestructura de carga, además de un estándar para los requisitos del sistema AMI en las redes de distribución de electricidad (NTC 6079: 2021) y otros. Adicionalmente, la actualización del Código Eléctrico Nacional, norma NTC 2050, que se publicó en 2020, basado principalmente en el Código Eléctrico Nacional Americano (NEC), introduce elementos relevantes para la integración de Recursos Energéticos Distribuidos (DER) y de las FNCER.</p>

⁵⁸ El RETIE es el Reglamento Técnico para Instalaciones Eléctricas, que toda nueva instalación eléctrica en Colombia está obligada a cumplir.

REFERENCIAS

- ASOCODIS (2020). "Evolución Sectorial de la Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica en Colombia 2010-2018"
- BloombergNEF (2021). "Climascope 2021". Resultados de la clasificación por países. disponibles en: <https://global-climatescope.org/results/>
- BloombergNEF (2021). "La brecha de precios de los vehículos eléctricos se reduce" 25 de junio de 2021. Colin McKerracher. Jefe de Transporte Avanzado. Disponible en: <https://about.bnef.com/blog/the-ev-price-gap-narrows/>
- BloombergNEF (2022). "El Enviado Especial de la ONU. Michael Bloomberg. une fuerzas con Bancolombia y BBVA para lanzar CFLI Colombia en apoyo a los Objetivos Climáticos de Colombia". Disponible en: <https://www.bloomberg.com/company/press/un-special-envoy-michael-bloomberg-joins-forces-with-bancolombia-and-bbva-to-launch-cfli-colombia-in-support-of-colombias-climate-goals/>
- Chena, P. (2017). La economía popular y sus relaciones fundantes. En Economía popular. Los desafíos del trabajo sin patrón. Buenos Aires: Colihue.
- Climate Action (2017). "Chile's largest metro network to be powered by solar and wind" Available at: <https://www.climateaction.org/news/chiles-largest-metro-network-to-be-powered-by-solar-and-wind>
- Congreso de Colombia (2018). "Ley 1931 de 2018: A través de la cual se establecen lineamientos para la gestión del cambio climático"
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. DNP (2018). "Política de Crecimiento Verde Documento - CONPES 3934 de 2018". Gobierno de Colombia.
- Consejo Nacional de Política Económica y Social (2021). "Política de Transición Energética CONPES 4075". Gobierno de Colombia.
- Delta Electronics India (2021). "The increasing role of renewable energy in Railway Infrastructure". Available at: <https://deltaelectronicsindia.com/blog/the-increasing-role-of-renewable-energy-in-railway-infrastructure/>
- DW (2022). "Crece la venta de vehículos eléctricos en América Latina. con Colombia a la vanguardia". Disponible en: <https://www.dw.com/es/crece-la-venta-de-veh%C3%ADculos-el%C3%A9ctricos-en-am%C3%A9rica->
- Econometría (2020). "Insumos para el Análisis de Beneficios Netos de Alternativas para Implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada en el SIN"
- El Colombiano (2022). "Metro genera energía propia y se ahorra \$50 millones al año"
- <https://www.elcolombiano.com/antioquia/medellin/con-energia-fotovoltaica-el-metro-se-ahorra-50-millones-y-ayuda-al-medio-ambiente-GD17364673>
- Fondos de Inversión Climática (2021). Marco Integrado de Resultados del Programa de Integración de Energías Renovables"
- Fondos de Inversión Climática (2021). "Documento de Diseño del Programa de Integración de Energías Renovables"

- Fondos de Inversión Climática (2021). "Lineamientos Operacionales para el Proceso de Desarrollo del Plan de Inversión del Programa de Integración de Energías Renovables CIF"
- Gago, V. (2021). Epílogo, en Mazzeo M, Stratta F, compiladores ¿Qué es la economía popular? Experiencias, voces y debates. Editorial El Colectivo: Buenos Aires. (pág. 215-223)
- Giraldo, C. (2017). La economía popular carece de derechos sociales. En C. Giraldo (Ed.), Economía popular desde abajo. Bogotá: Ediciones Desde abajo. (pág. 47-68)
- Giraldo I. M., Pening J. P. y Acevedo M (2017). "Consultoría para apoyo en Asociaciones Público Privadas -APP para Zonas No Interconectadas en Colombia". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo.
- Goetzlab N. & Hasanuzzamanb M. (2022): "Un análisis empírico de las tendencias de costes de los vehículos eléctricos: un estudio de caso en Alemania". Investigación en Negocios y Gestión de Transporte Volumen 43. junio de 2022. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210539522000463#!>
- Gobierno de Colombia (2021). "Estrategia Climática de Largo Plazo De Colombia para Cumplir con el Acuerdo De París (E2050)". Versión 04/05/2021.
- Gobierno de Colombia (2022): "Tercer Informe Bienal de Actualización sobre cambio climático para Colombia (BUR3)" presentado a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Disponible en: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/BUR3%20-%20COLOMBIA.pdf>
- Hua J., Zhoua H., Zhoua Y., Zhanga H., Nordströmb L. & Yangc G. (2021): "Predicción de flexibilidad de vehículos eléctricos agregados y sistemas de agua caliente sanitaria en redes inteligentes". Ingeniería. Volumen 7. Número 8. agosto de 2021. páginas 1101-1114
- i-deals. Instituto de Investigación Tecnológica. Montoya & Asociados (2021). "Hoja de Ruta del Hidrógeno en Colombia". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo. con recursos del Gobierno del Reino Unido. para el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- AIE. (2021): "Global EV Outlook 2021". Disponible en: <https://www.iea.org/>
- INSUCO & CoreWoman (2021). "Estudio Sectorial de Equidad de Género Para el Sector Minero-Energético". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo. para el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- IPSE (2022). "Inversión para empresas privadas en proyectos de las Zonas No Interconectadas -ZNI". Disponible en: https://ipse.gov.co/documento_prensa/documento/documentos_de_%20investigacion/ABC_Modelo_ElSolBrillaParaUngu%C3%ADa.pdf
- IRENA (2018). "Flexibilidad de sistemas de energía en la transición energética. Parte 1: Visión general para los responsables de la formulación de políticas".
- Jina C., Xiaoa J., Houa J., Wub X., Zhangb J. & Duc E. (2022): "Evaluación de la mejora de la flexibilidad del almacenamiento de hidrógeno basada en el modelo energético acoplado electricidad-hidrógeno". Interconexión Energética Global. Volumen 4. número 4. agosto de 2021. páginas 371-383

- Ministerio de Desarrollo Productivo de la Argentina (2020). "Economía social y economía popular: Conceptos básicos". Contribuciones de Consejeros Serie de Documentos Nro. 1. Consejo Consultivo.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). "Política Nacional de Cambio Climático".
- Ministerio de Minas y Energía (2021). "Plan Nacional de Electrificación Rural". División de Energía Eléctrica.
- Ministerio de Minas y Energía (2021). "Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Minero Energético 2050".
- Ministerio Federal del Medio Ambiente, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear alemán (2021). "Comunidades Energéticas: Una Guía Práctica para Impulsar la Energía Comunitaria".
- OLADE (2016). "Formulación de una Propuesta para una Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA) para las Zonas No Interconectadas (ZNI) de Colombia". Consultor Humberto Rodríguez Murcia
- Pérez Arriaga J. I. & Eisman Valdé J. (2020). "Consultoría para la identificación y análisis de experiencias internacionales en la aplicación de modelos innovadores de acceso a la energía". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo. para el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- Portafolio (2022). "Los medidores 'inteligentes' llegarían a 6 millones de usuarios". Tomado de: <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/los-medidores-inteligentes-llegan-a-6-millones-de-usuarios-561482>
- Qurato (2022). "Interoperabilidad de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos en Colombia". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo para el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- Sumatoria. Steer Davies & Gleave (2022). "Evaluación de mecanismos de mitigación de los riesgos asociados al tema de electromovilidad. que puedan impulsar la consolidación de los proyectos de movilidad sostenible en Colombia". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo. para Bancoldex.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2021). "Informe sectorial de la prestación del servicio de energía eléctrica 2020".
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2022). "Diagnóstico sobre el Estado de la Medición de Energía Eléctrica en el SIN Enero a Diciembre de 2021".
- The Renewables Consulting Group & ERM (2022). "Hoja de Ruta para el Despliegue de la Energía Eólica Costa Afuera en Colombia". Patrocinado por el Banco Mundial para el Ministerio de Minas y Energía de Colombia.
- UPME (2019). "Plan Indicativo de Expansión de Cobertura de Energía Eléctrica – PIEC 2019-2023".
- UPME (2020). "Balance Energético Colombiano". Cifras al año 2020. Disponible en: <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/BECO-Consulta.aspx>
- UPME (2021). Plan de Expansión de Referencia Generación – Transmisión. 2020 – 2034. Volumen 3. Transmisión.
- USAENE (2022). "Identificación de modelos de negocio y estructuración de hojas de ruta de implementación. para el desarrollo de la red de estaciones de carga pública a nivel

- nacional y la estructuración de proyectos piloto en Colombia". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo. para el Departamento Nacional de Planeación.
- USAENE & Tecnalía (2022). "Evaluación de la capacidad de hospedaje de Vehículos Eléctricos (VE) de las Redes de Distribución para atender las demandas generadas por la electromovilidad en Colombia". Patrocinado por el Banco Mundial. para el Departamento Nacional de Planeación.
 - Vito & Universidad de los Andes (2020). "Propuesta de Actualización y Consolidación de Escenarios de Emisiones de GEI por Sector y Evaluación de Costos de Abatimiento Asociados en Colombia"
 - Energía Waya (2022). "Implementación de modelo REM para la localización de usuarios sin servicio de energía eléctrica y la elección de estrategias de electrificación en Colombia". Patrocinado por el Banco Interamericano de Desarrollo para el Ministerio de Minas y Energía.
 - Banco Mundial (2020). Haciendo Negocios 2020. Washington. DC: Banco Mundial.
 - XM (2022). "Resultados de estudios de flexibilidad del SIN". Información disponible en:
https://informeanual.xm.com.co/demo_3/pages/xm/22-flexibilidad.html. &
<https://www.xm.com.co/operaci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n/planeaci%C3%B3n-estudios-de-flexibilidad-del-sin/resultados-de-estudios-de-flexibilidad-del-sin>