

TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA

Marco conceptual para la región Análisis en el contexto nacional





Transición Energética Justa / Marco conceptual para la región, Análisis en el contexto nacional

© CAF-banco de desarrollo de América Latina y el Caribe- 2024
CORPORACION ANDINA DE FOMENTO- Av. Luis Roche, Torre CAF Urb.
Altamira, Caracas (Chacao) Miranda 1060, Venezuela. RIF: G200015470

Contribución de CAF a la Facilidad Climática del Club Internacional de Bancos
para el Desarrollo

Informe coordinado por la Gerencia de Acción Climática y Biodiversidad Positiva
(GACBP), la Gerencia de Conocimiento (GC) y la Gerencia de Infraestructura Física
y Transformación Digital (GIFTD).

Edgar Salinas, ejecutivo principal, Dirección de Operaciones y Financiación
Verde (GACBP).

Walter Cont, ejecutivo senior, Dirección de Análisis Sectorial (GC).

Juan Ríos, ejecutivo principal, Dirección de Transportes y Energía (GIFTD).

Autores

El equipo de GME (en orden alfabético) incluyó a Agustín Ghazarian, Coline
Champetier, Darío Quiroga, Francisco Baqueriza, Nicolás Barros, Laura Souilla,
Ramón Sanz y Roberto Gomelsky.

Los autores agradecen a Edgar Salinas, Walter Cont y Juan Ríos por los comentarios,
sugerencias y apoyo para el desarrollo de este documento.

Gestión Editorial

Dirección de Comunicación Estratégica de CAF.

Diseño gráfico

<https://cleiman.com>

**Diseño gráfico universal neuroinclusivo, con principios de accesibilidad y
visualización para lectores neurodivergentes**

Fotografías

Portada: ©AdobeStock

Internas: © CAF - © Pexels

Versión digital disponible en scioteca.caf.com con acceso abierto bajo la licencia
Deed - Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Internacional - Creative Commons



Las ideas y opiniones expresadas en esta obra son las de los autores y no reflejan
necesariamente el punto de vista de CAF ni comprometen a la Organización. Los
términos empleados y la presentación de los datos que en ella aparecen no implican
toma alguna de posición de parte de CAF en cuanto al estatuto jurídico de los países,
territorios, ciudades o regiones ni respecto de sus autoridades, fronteras o límites.

Transición Energética Justa

Marco conceptual para la región

Análisis en el contexto nacional

ÍNDICE



Lista de abreviaciones	10
-------------------------------	-----------

Prefacio	13
-----------------	-----------

Resumen ejecutivo	16
--------------------------	-----------

Capítulo 1	21-23
Objetivos	

1. Objetivo general	22
----------------------------	-----------

2. Objetivos específicos	23
---------------------------------	-----------

Capítulo 2 Desarrollo del concepto de transición energética justa

24-68

1. El cambio climático	25	El cambio climático y la energía	26
		La transición energética y la equidad	36
		El punto de partida en ALC y los países bajo análisis	40
		La transición en el sector energético en América Latina y el Caribe	40
		Recursos energéticos en la región	41
2. El concepto de transición energética según los países y algunos actores destacados	44	Compilación de ideas y definiciones sobre la transición energética	44
		Acuerdo de París - Componentes de la transición energética	44
		Definición del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	46
		Definición del Fondo Monetario Internacional	46
		Definición de la Agencia Internacional de la Energía	47
		Definición de la Agencia Internacional de Energías Renovables	49
		Definición del Banco Mundial	51

3. Conceptualización de la transición energética justa en América Latina y el Caribe

65

Otros conceptos asociados a la transición justa	52
Organización temática de los principales elementos de la transición energética	54
Algunas características diferenciales de ALC que deben reflejarse en la transición energética	63
La transición energética justa en América Latina y el Caribe	67

Capítulo 3 Definición de indicadores

69-112

1. Dimensiones y tópicos de la transición energética justa

70

Dimensiones de la transición energética justa	70
Dimensiones y tópicos asociados	71
Aspectos institucionales – Organización del sector energético	73
Aspectos económicos y energéticos	75
Aspectos sociales – Reducción de la brecha energética	80
Aspectos ambientales	81
Financiamiento	82

2. Indicadores por dimensiones y tópicos

85

Lista de indicadores	84
Descripción de los indicadores	86
Aspectos institucionales	86
Aspectos económicos y energéticos	90
Aspectos sociales – Reducción de la brecha energética	100
Aspectos ambientales	106
Aspectos financieros	110

3. Actualización de los indicadores

112

Capítulo 4 Indicadores por país para la línea base

113-117

Trabajos citados

118-119

TABLAS Y GRÁFICOS



Tabla 1.

Dimensiones, tópicos e indicadores potenciales (esquema IESAF) 20

Tabla 2.

Participación de las emisiones por fuente (2019) 36

Tabla 3.

Participación de las fuentes de energía en cada país (2019) 42

Tabla 4.

Dimensiones, tópicos e indicadores potenciales (esquema IESAF) 85

Tabla 5.

Indicadores por país para la línea base (2019) 114

Gráfico 1.

Dimensiones y tópicos de la transición energética justa (TEJ) 19

Gráfico 2.

Gases de efecto invernadero por sector, total mundial (2019) 27

Gráfico 3.

Gases de efecto invernadero y consumo por fuente, sector energético, 2019 (%) 30

Gráfico 4.

Gases de efecto invernadero del sector energético (tCO₂eq) 31

Gráfico 5.

Gases de efecto invernadero por sector en ALC (2019) 32

Gráfico 6.

Gases de efecto invernadero del sector energético por fuente, global versus ALC, 2019 (%) 34

Gráfico 7.

Gases de efecto invernadero respecto del PIB, 2019 (kgCO₂e/miles de USD) **35**

Gráfico 8.

Consumo de energía total per cápita (kWh-año/cápita) y PIB per cápita (USD corrientes 2019/cápita) **39**

Gráfico 9.

Vías para la transición energética **50**

Gráfico 10.

Dimensiones y tópicos de la transición energética justa (TEJ) **73**

Lista de abreviaciones

- AIE** Agencia Internacional de Energía
- ALC** América Latina y el Caribe
- BAU** *Business as usual*
- CAF** CAF – banco de desarrollo de América Latina y el Caribe
- CIER** Comisión de Integración Energética Regional
- CMNUCC** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- CSP** energía solar concentrada (*concentrated solar power*)
- DANE** Departamento Administrativo Nacional de Estadística
- EIGH** encuestas de ingresos y gastos de los hogares
- ESCO** empresas de servicios energéticos (*energy services companies*)
- FMI** Fondo Monetario Internacional
- FOSE** Fondo de Compensación Social Eléctrica
- GD** generación distribuida
- GEI** gases de efecto invernadero
- IFI** instituciones financieras internacionales
- IPCC** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (*Intergovernmental Panel on Climate Change*)
- MEPS** estándares mínimos de eficiencia energética (*minimum energy performance standards*)

NDC	contribuciones determinadas a nivel nacional (<i>nationally determined contributions</i>)
ODM	objetivos de desarrollo del milenio
ODS	objetivos de desarrollo sostenible
OIT	Organización Internacional del Trabajo
PMR	Asociación para la Preparación de Mercados (<i>Partnership of Market Readiness</i>)
TEJ	transición energética justa
UPME	Unidad de Planeamiento Minero Energético de Colombia
WEC	Consejo Mundial de Energía (<i>World Energy Council</i>)

Prefacio

El 12 de diciembre de 2015, en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), se firmó el Acuerdo de París con la participación de 196 países. El Acuerdo de París es un tratado internacional sobre el cambio climático jurídicamente vinculante. Su **objetivo es limitar el calentamiento mundial por debajo de 2 °C** (de ser posible, 1,5 °C), en comparación con los niveles preindustriales.

Para alcanzar este objetivo, los países se proponen limitar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) lo antes posible. **El Acuerdo de París invita a los países a formular y presentar estrategias de desarrollo a largo plazo con bajas emisiones de GEI.** Históricamente, la economía global ha atravesado procesos de transición energética. La primera fue de la leña al carbón; la segunda, del carbón a los hidrocarburos; la tercera, la introducción del gas natural y ahora, esta cuarta transición energética prevé la utilización de fuentes de emisiones bajas o nulas. **Se diferencia de las otras en que, además de abastecer el crecimiento de la demanda, buscará reemplazar anticipadamente las fuentes adoptadas en la primera y segunda transición energética.**

La transición energética requiere de una transformación de la estructura productiva, de los marcos regulatorios y las prácticas de mercado vigentes, así como de un cambio significativo en las fuentes de energía utilizadas tanto para las actividades productivas como de esparcimiento. También requiere cambios en la demanda, los comportamientos y los hábitos de consumo.

La descarbonización y la limitación de las emisiones implican una reducción significativa en el uso de combustibles fósiles que, a su vez, provocará la necesidad de hundir activos y generará impactos financieros en los valores de las empresas, sus activos y refinanciamiento de pasivos para financiar estos activos (OECD, 2021).

Por este motivo, **la transición energética deberá movilizar gran cantidad de capital para reformar el sistema energético, compensar a aquellos que deban hundir capital productivo antes de tiempo y desincentivar fuentes de energía no limpias.**

Para movilizar el capital requerido, es necesario promover mecanismos de mercado que internalicen los costos sociales en línea con el Teorema de Coase (Coase, 1960) o utilizar impuestos como señales de precios para corregir externalidades en línea con Pigou (Pigou, 1932). La comprensión de los mecanismos de financiamiento, de las regulaciones y de los gravámenes es vital para lograr los incentivos necesarios a fin de movilizar las voluntades de los actores económicos.

Los mecanismos que se promuevan deben prever esquemas de mercado, como así también subsidios o regulaciones que modifiquen los precios relativos e incentiven la adopción de energías limpias.

En forma creciente, se ha comenzado a discutir el concepto de transición energética justa en el ámbito gubernamental y multilateral. El debate se centra en destacar que la transición debe considerar que las partes del Acuerdo de París que son países en desarrollo tardarán más en lograrlo, dado que deberán atender en forma equilibrada a la mejora del nivel de vida de sus habitantes y la reducción de las emisiones sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

El presente documento plantea un enfoque de transición energética justa para América Latina y el Caribe (ALC) y una metodología que permite caracterizar el proceso de transición energética en cada país a partir de indicadores. En un primer ejercicio, la metodología propuesta es aplicada en una muestra de países con diferentes matrices energéticas y clima que incluye Brasil, Colombia, México, Perú y República Dominicana.

El presente informe está organizado de la siguiente manera:

- el primer capítulo plantea el objetivo general y los objetivos específicos;
- el segundo capítulo, relacionado con el concepto de cambio climático, se divide en tres secciones, a saber:
 - la primera sección se enfoca en definir la relación entre cambio climático, transición energética y las características distintivas de la región respecto a otras regiones;
 - la segunda sección compila las definiciones de cambio climático llevadas adelante por organizaciones globales y los países sujetos al análisis;
 - la tercera sección, a partir de la información de los capítulos anteriores, propone un concepto de transición energética justa en ALC;
- el tercer capítulo presenta un conjunto de indicadores, clasificados por dimensiones y tópicos, que permiten hacer el seguimiento del proceso de transición energética justa en ALC;
- el cuarto capítulo presenta los indicadores para la línea base de los cinco países en estudio junto con la metodología de seguimiento.

Resumen ejecutivo

Son objetivos del informe:

- compilar información sobre las definiciones de los diferentes organismos internacionales sobre el concepto de transición energética;
- proponer el concepto de transición energética justa en función de las características específicas de la región de América Latina y el Caribe;
- plantear la metodología para desarrollar los indicadores que permitirán hacer el seguimiento de la transición a partir del concepto de transición energética y los escenarios en análisis;
- evaluar los indicadores para la línea base de los cinco países en estudio.

En cuanto al cambio climático, la transición energética y el punto de partida para este trabajo, los países de ALC se caracterizan por:

- una baja penetración del carbón en sus matrices energéticas y una mayor penetración del gas natural que el resto del mundo;
- emisiones por producto interno bruto (PIB) menores que las del resto del mundo, pero mayores que las de los países desarrollados que vienen implementando medidas de transición energética;
- altos niveles de pobreza, sumados a bajos niveles de industrialización, por lo cual se anticipa un incremento de consumos en función del desarrollo esperado;
- ingresos medios y consumos energéticos medios, pero, por lo general, parte de la población de menores recursos sufre brechas de cobertura y de acceso a la energía;

- tasas de crecimiento de la demanda energética total en alza en el futuro, incluso aplicando políticas fuertes de mejora de la eficiencia, lo cual implica que debe considerarse la oferta energética creciente;
- una oferta energética primaria con gran participación de las energías renovables, no solo para generación eléctrica, sino también en los biocombustibles, lo que implica que la sustitución de instalaciones tenga una participación menor que en el resto del mundo. Sin embargo, algunos de estos activos no han terminado su vida útil;
- grandes reservas de recursos renovables y fósiles que permiten una diversificación de fuentes específica de cada país en análisis.

Por este motivo, las transiciones energéticas en la región deben considerar sus características propias.

La **transición energética justa** es un proceso de conversión del sistema energético que busca **reducir gradualmente las emisiones de gases de efecto invernadero** promoviendo el uso de tecnologías que utilicen los recursos disponibles en la región, priorizando aquellos recursos con mayor aporte al **crecimiento económico** sujeto a alcanzar emisiones netas iguales a cero, y manteniendo el enfoque de **mejorar los niveles de vida** hacia estándares compatibles con una vida digna. Este concepto se alinea con el Acuerdo de París, que establece que los países en desarrollo tardarán más tiempo en lograr estos objetivos y que el proceso deberá regirse por la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Esta transición implica acelerar la introducción de tecnologías limpias económicamente competitivas y la mejora de la eficiencia energética en las cadenas de valor del sector energético.

Las tecnologías limpias son aquellas que generan emisiones bajas o nulas (energías renovables, gas natural, nuclear, biomasa certificable y biocombustibles), así como nuevos desarrollos (hidrógeno de bajas emisiones, procesos de captura, uso y almacenamiento de carbono), mientras que la eficiencia energética supone electrificar la demanda, optimizar los sistemas de transporte y distribución, y convertir los equipamientos.

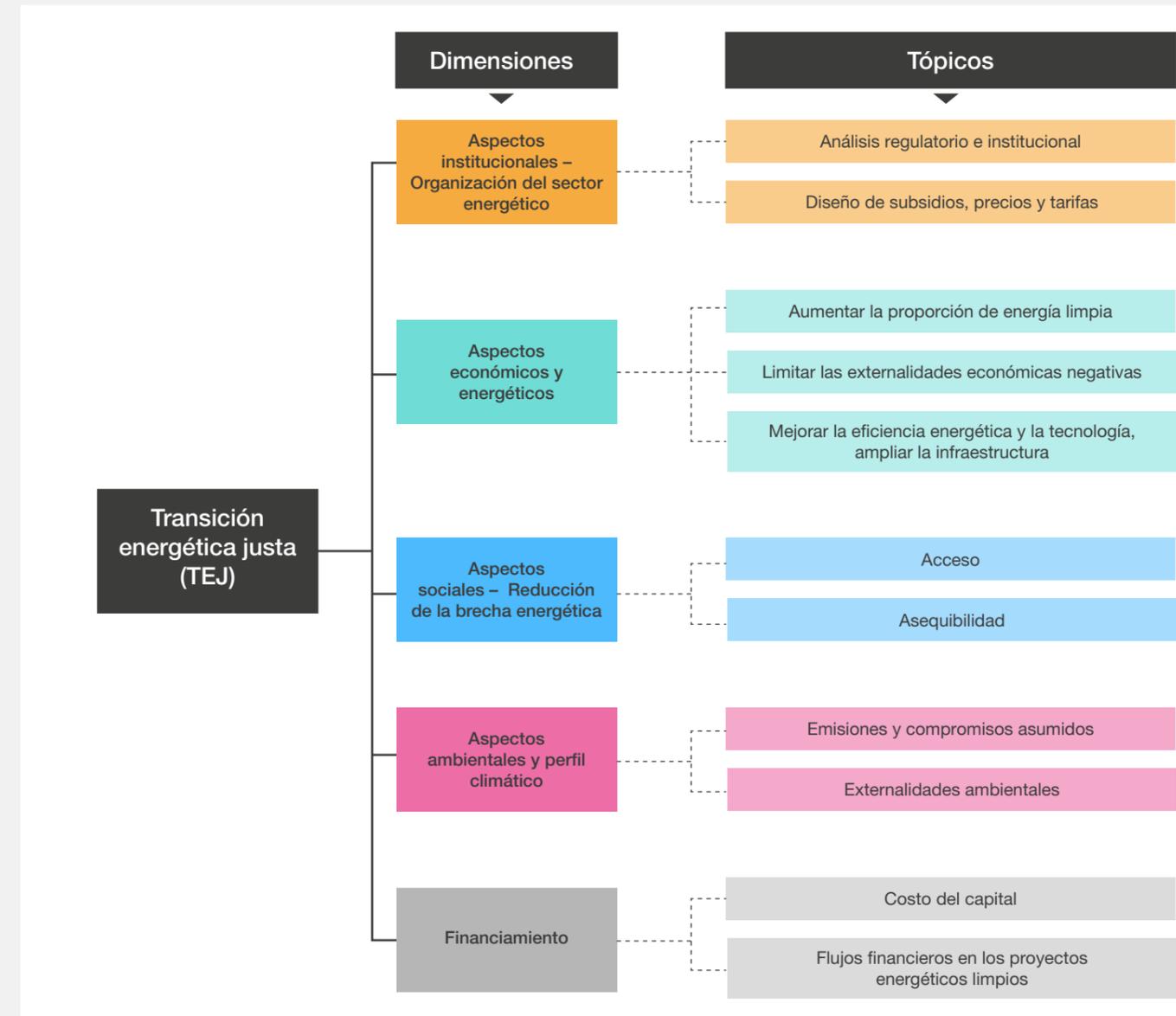
La transición energética justa se cumple mediante el alineamiento de:

1. la **solución tecnológica**, que ocurre cuando los costos de producción, logística y suministro de energía limpia a los consumidores, medidos en costos nivelados, son más bajos que las fuentes de energía de altas emisiones;
2. la **solución regulatoria**, que surge cuando se desarrollan regulaciones que promueven las tecnologías limpias e internalizan los costos de remediación, se limita la participación de fuentes de energía altamente contaminante y se desarrollan tarifas e incentivos que promueven la eficiencia energética;
3. la **solución de mercado**, que se obtiene cuando se implementan mecanismos de precio al carbono que internalizan los costos de remediación originados en las emisiones generadas a través de impuestos o certificados de emisiones;
4. el **financiamiento**, que se obtiene cuando se articulan precios, aportes internacionales y de los Tesoros, para equilibrar la cobertura y asequibilidad para todos los habitantes, junto con la recuperación de costos e inversiones.

El informe desarrolla una metodología de seguimiento de indicadores para la transición organizada de acuerdo con el esquema denominado IESAF, por la primera letra de los tópicos que la integran, que se presenta a continuación.

Gráfico 1

Dimensiones y tópicos de la transición energética justa (TEJ)



Fuente: GME-CAF (julio de 2023).

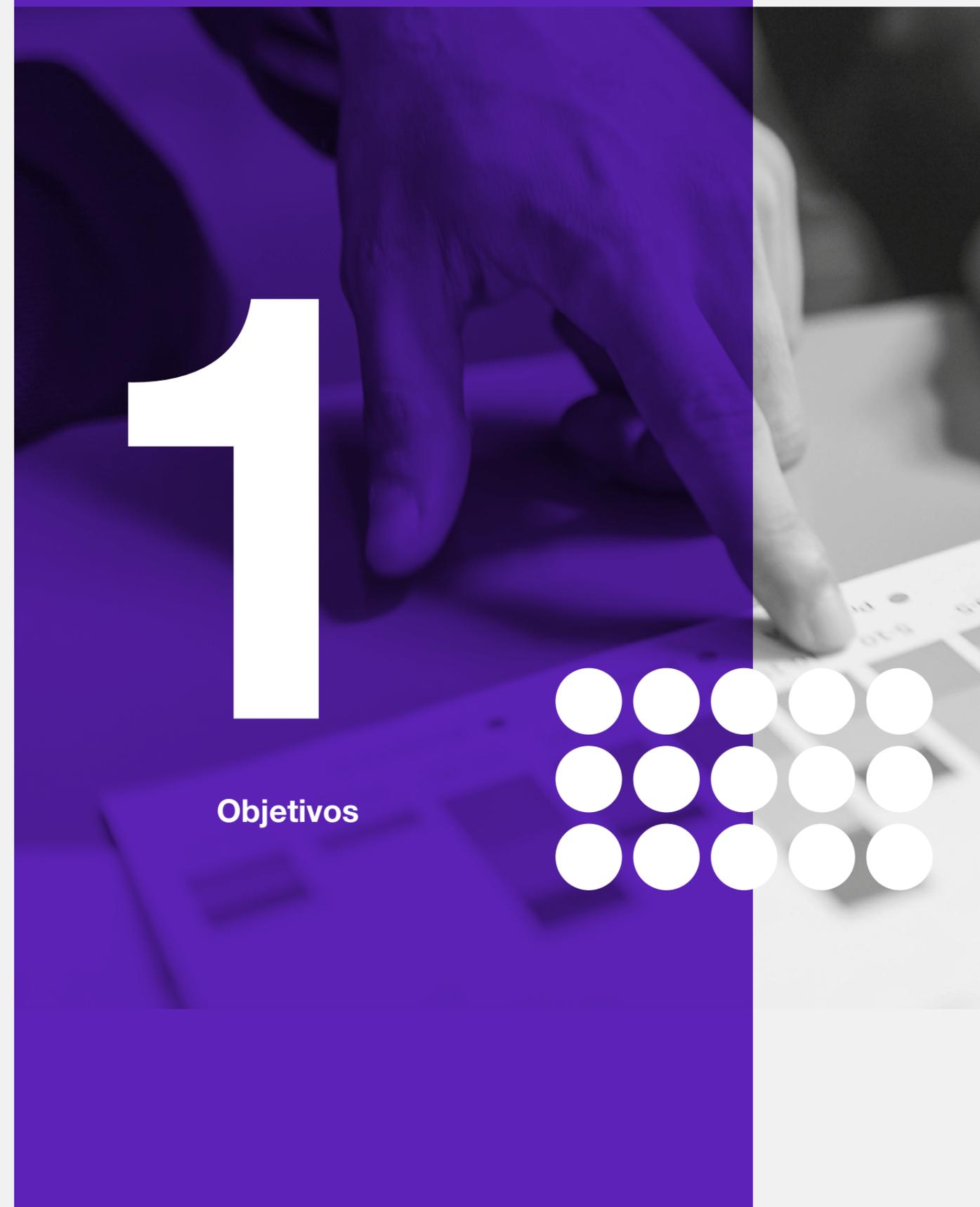
La tabla 1 presenta la lista de indicadores por dimensiones y tópicos.

Tabla 1 ▶ Dimensiones, tópicos e indicadores potenciales (esquema IESAF)

Dimensiones	Tópicos	Índice	Indicadores potenciales
I - Aspectos institucionales – Organización del sector	1. Análisis regulatorio e institucional	I-1.1	Normativa y gobernabilidad del sector energético
		I-1.2	Existencia de estrategias de transición energética
		I-1.2.bis	Efectividad de las estrategias de transición energética
	2. Diseño de subsidios, precios y tarifas	I-2.1	Subsidios a los combustibles (% del PIB)
I-2.2		Gasto total en subsidios (BUSD) y gasto en subsidios para electricidad (BUSD)	
E - Aspectos económicos y energéticos	1. Utilización de los recursos locales	E-1.1	Reservas comprobadas de recursos locales
		E-1.2	Dependencia de las importaciones netas de energía (%)
		E-2.1	Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía y la generación de electricidad (%)
	2. Introducción de las tecnologías de la transición energética	E-2.1bis	Capacidad instalada de generación eléctrica renovable (GW)
		E-2.2	Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB (TJ/MUSD PPP)
		E-2.3	Eficiencia de la conversión y distribución de energía (%)
		E-2.4	Intensidad energética por sector económico (TJ/MUSD PPP)
		E-2.5	Intensidad energética del sector residencial (TJ/hogar)
		E-2.6	Penetración de la electricidad en el sector transporte (%)
		E-2.7	Penetración del gas natural e hidrógeno en el sector transporte (%)
3. Externalidades económicas y creación de empleo	E-3.1	Capacidad instalada (GW) y valor de los activos abandonados (MUSD)	
	E-3.2	Número de empleados formales asociados a cadenas de valor existentes	
	E-3.3	Número de empleos asociados a proyectos de transición energética (miles de puestos de trabajo)	
S - Aspectos sociales – Reducción de la brecha energética	1. Acceso	S-1.1	Proporción de la población con acceso a la electricidad
		S-1.2	Proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en tecnologías y combustibles limpios
		S-1.3	Uso de energía per cápita
		S-1.4	Calidad del servicio eléctrico
	2. Asequibilidad	S-2.1	Tarifa final por sector y combustible
		S-2.2	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad, para el total y para el 20% de los hogares más pobres
A - Aspectos ambientales y perfil climático	1. Emisiones y compromisos asumidos	A-1.1	Emisiones totales de GEI por año y por sector (MtCO ₂ e)
		A.1.2	Emisiones totales de GEI por unidad de PIB y per cápita (MtCO ₂ e/MUSD PPP y tCO ₂ e per cápita)
	2. Externalidades ambientales	A-2.1	Número de personas afectadas directamente, atribuido a desastres cada 100.000 habitantes
		A-2.2	Vulnerabilidad y preparación para el cambio climático
F - Financiamiento	1. Costo de capital	F-1.1	Costo del endeudamiento del sector privado
	2. Flujos financieros en los proyectos energéticos limpios	F-2.1	Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos
		F-2.2	Dependencia fiscal/tributaria de cadenas productivas asociadas a hidrocarburos

Fuente: GME-CAF (julio de 2023).

Finalmente, se recomienda que esta lista de indicadores sea actualizada en forma anual.



1. Objetivo general

El objetivo del presente informe es desarrollar el concepto de transición energética justa aplicado a cinco países de ALC a partir de un análisis particular de las condiciones nacionales, el contexto regional y los complementos de la revisión literaria de acuerdos y publicaciones existentes.



2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de este informe son:

- i.** dimensionar las condiciones específicas de los países analizados en materia de marco regulatorio, estrategias, compromisos, matriz económica, entre otros; así como el contexto regional y consideraciones técnicas aplicables a los sistemas eléctricos en América Latina;
- ii.** compilar información sobre el concepto de transición energética en los diferentes organismos internacionales;
- iii.** proponer el concepto de transición energética justa en función de las características específicas de América Latina y el Caribe;
- iv.** plantear la metodología para desarrollar los indicadores que permitirán hacer un seguimiento de la transición a partir del concepto de transición energética justa;
- v.** establecer un cuadro de mando y seguimiento de estos indicadores.

2

Desarrollo del concepto de transición energética justa

1. El cambio climático

En 1992, se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) que estableció un tratado internacional para combatir las causas del cambio climático, así como sus efectos adversos.

La Convención eventualmente dio lugar al Protocolo de Kioto, con entrada en vigor el 16 de febrero de 2005, mediante el cual se fijaron metas cuantitativas de reducción de gases de efecto invernadero en los países Anexo I.

La definición de cambio climático según la CMNUCC es “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (CMNUCC, 1992).

Posteriormente, en 2015, se adoptó el Acuerdo de París¹ como un instrumento más ambicioso con la participación de todas las Partes (países Anexo I y no Anexo I)

¹ Acuerdo de París

en torno al objetivo establecido en su artículo 2 de reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza. Para alcanzar este objetivo, es necesario:

- A** mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que esto reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático;
- B** aumentar la capacidad de adaptación a los efectos adversos del cambio climático y promover la resiliencia al clima y un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero de un modo que no comprometa la producción de alimentos;
- C** situar los flujos financieros en un nivel compatible con una trayectoria que conduzca a un desarrollo resiliente al clima y con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.



El cambio climático y la energía

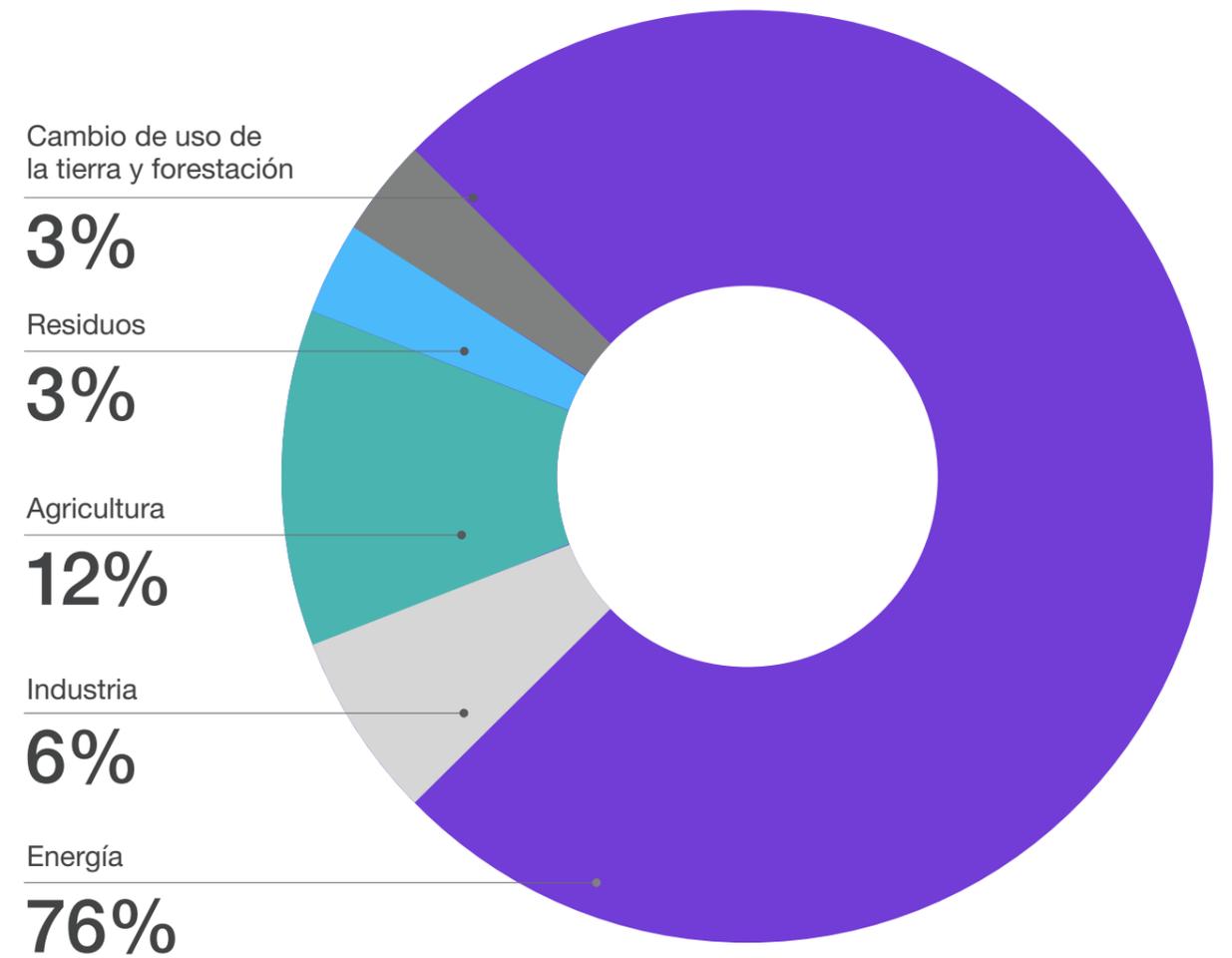
En todo el mundo, se emiten cerca de 50.000 millones de toneladas de GEI cada año. El gráfico 2 resume los orígenes de estas emisiones.

Energía y emisiones - Mundial

El sector energía es responsable del 76 % de las emisiones de GEI mundial, y contabiliza las emisiones correspondientes a la quema de combustibles para sus distintos usos (transporte, hogares e industria) y las emisiones fugitivas². El sector industria incluye las emisiones generadas como resultado de la reacción entre materias primas empleadas en procesos industriales, y ascendió al 6%.

² Las emisiones fugitivas están relacionadas con la extracción, el procesamiento, el almacenamiento y el transporte de combustibles hasta su uso final.

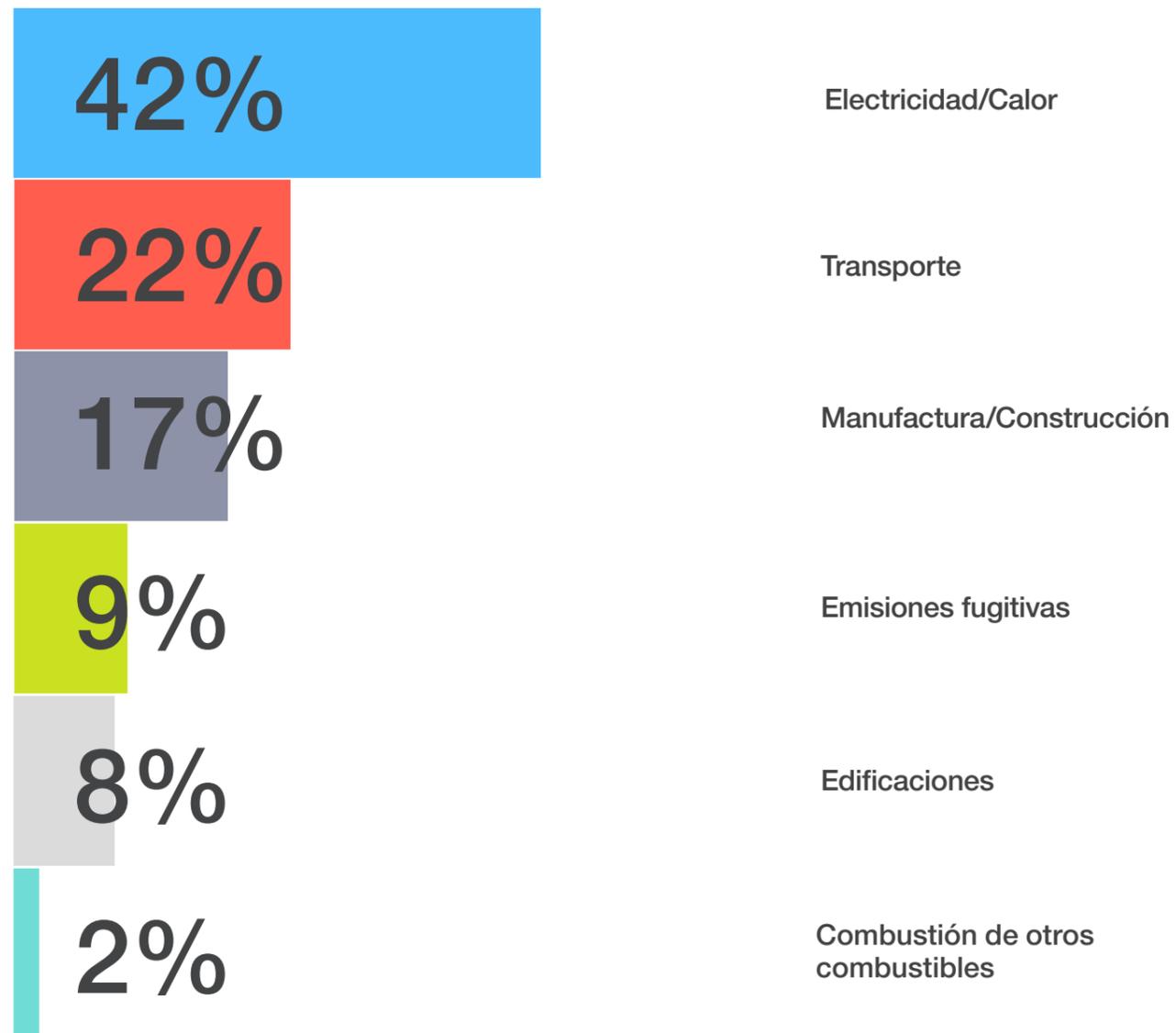
Gráfico 2 A ▶ Gases de efecto invernadero por sector, total mundial (2019)



Fuente: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>.

Gráfico 2 B

► Detalle sector energético



Fuente: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>.

El remanente (18%) corresponde a los usos de la tierra (agricultura) y los residuos.

Al comparar las emisiones de GEI a nivel global y a nivel del sector energía (76% del total), es posible evaluar el peso de las emisiones de GEI proveniente de la quema y extracción de combustibles (sector energía) en el total de las emisiones.

- Carbón mineral: 35% de las emisiones totales (44,4% del sector energía).
- Gas natural: 17% de las emisiones totales (22,0% del sector energía).
- Petróleo: 25% de las emisiones totales (31,9% del sector energía).

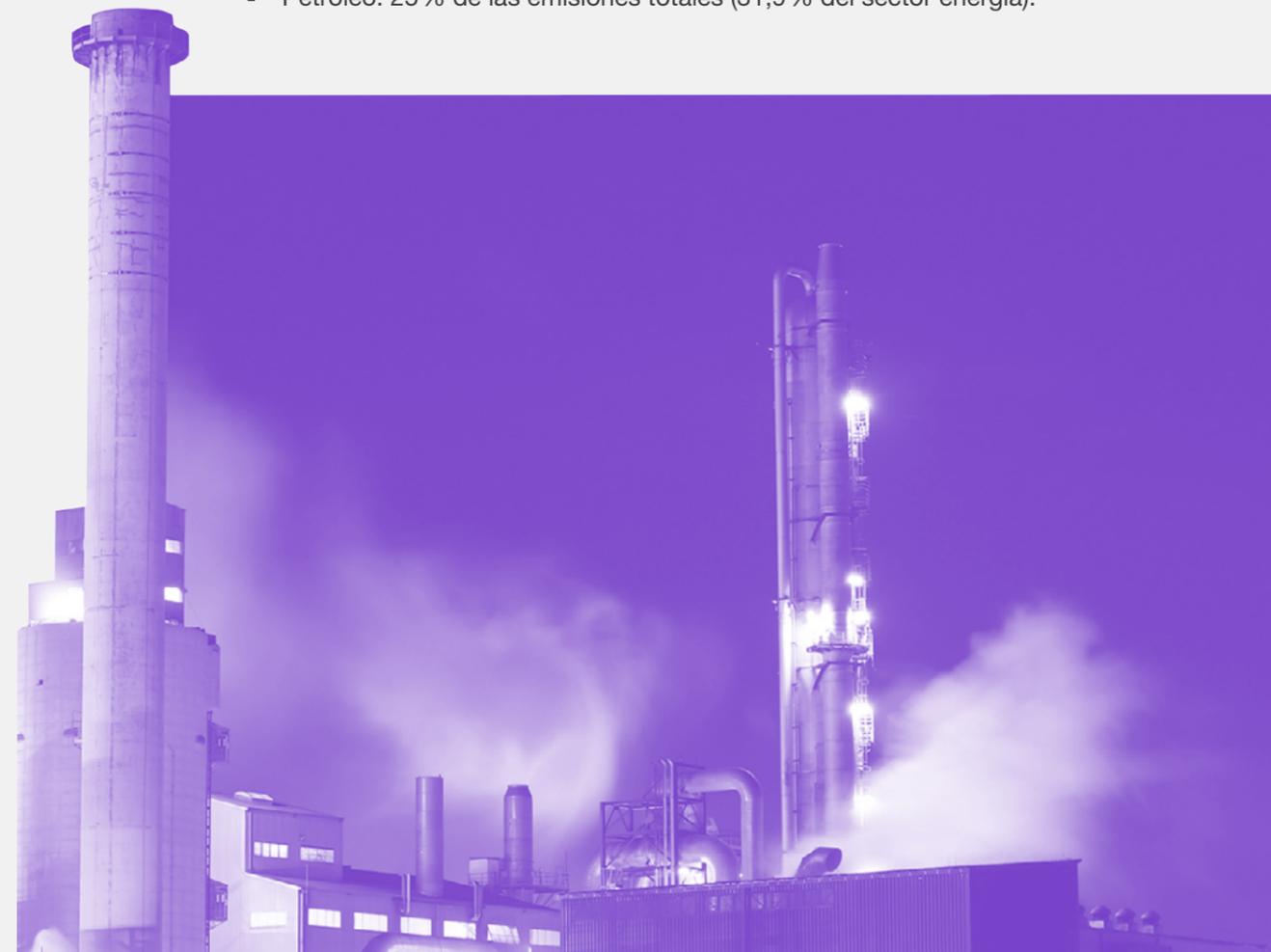
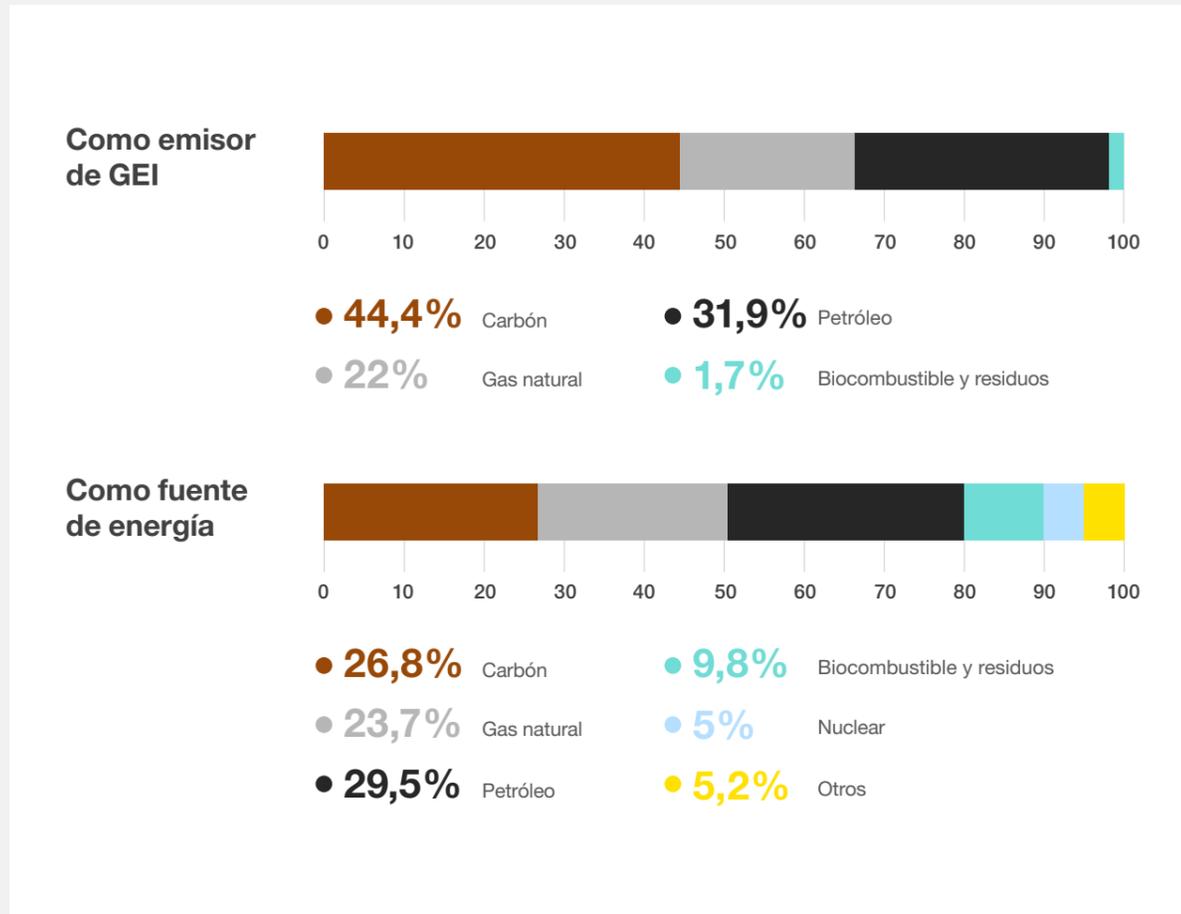


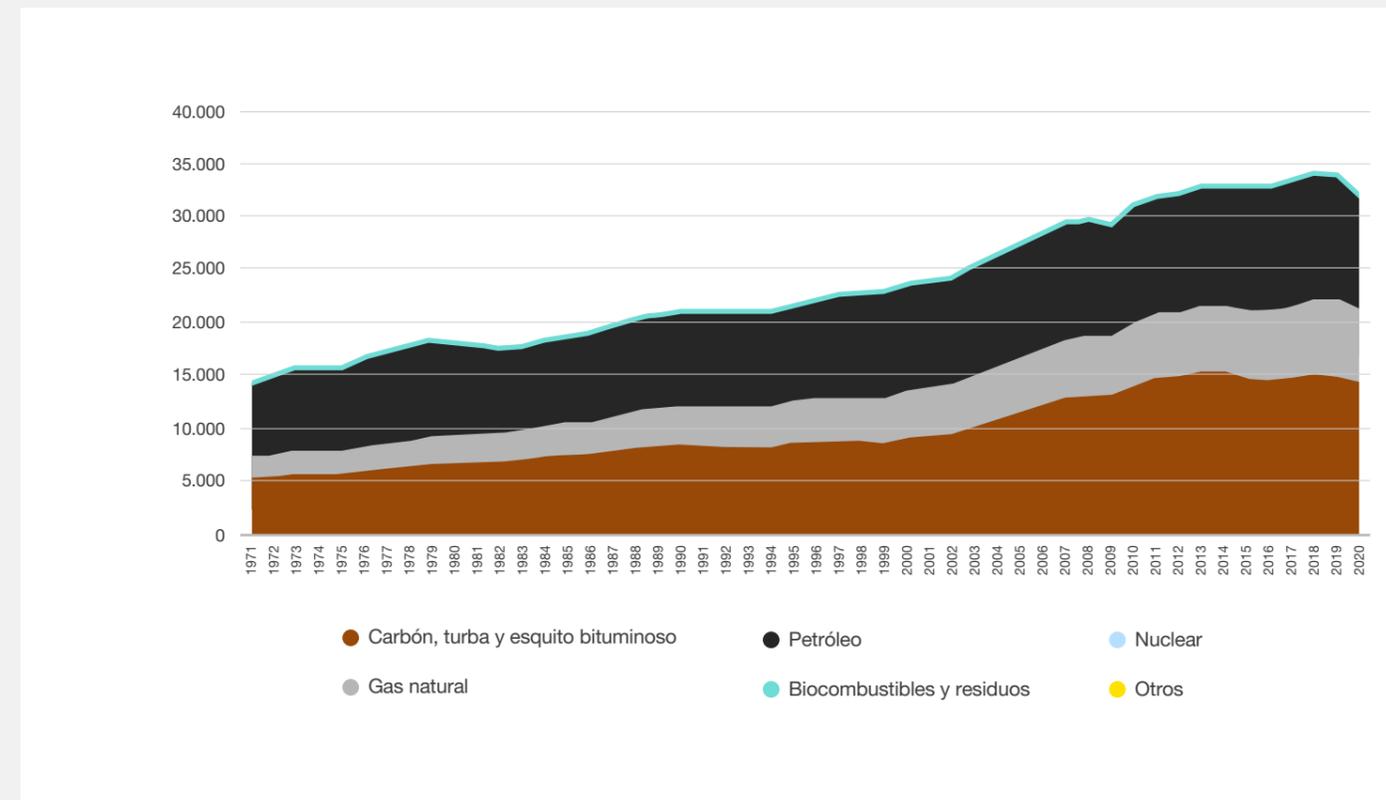
Gráfico 3 ▶ Gases de efecto invernadero y consumo por fuente, sector energía, 2019 (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AIE.

El gráfico 4 muestra las emisiones de GEI en el mundo discriminadas por fuente. Estas participaciones han sido estables en los últimos 20 años.

Gráfico 4 ▶ Gases de efecto invernadero del sector energía (tCO2e)

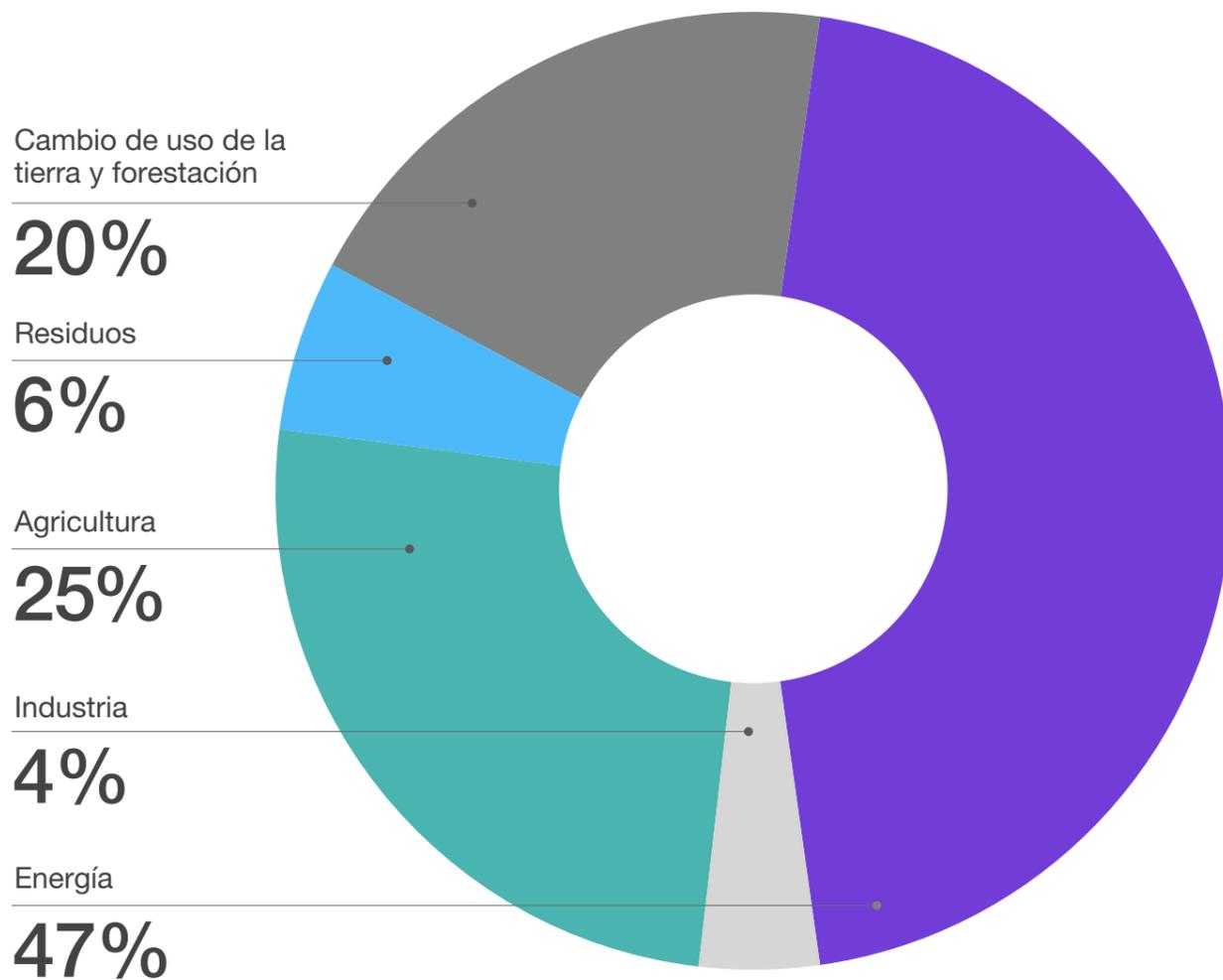


Fuente: AIE.

En la región de ALC, la repartición de las emisiones por sector y fuente es diferente.

Gráfico 5 A

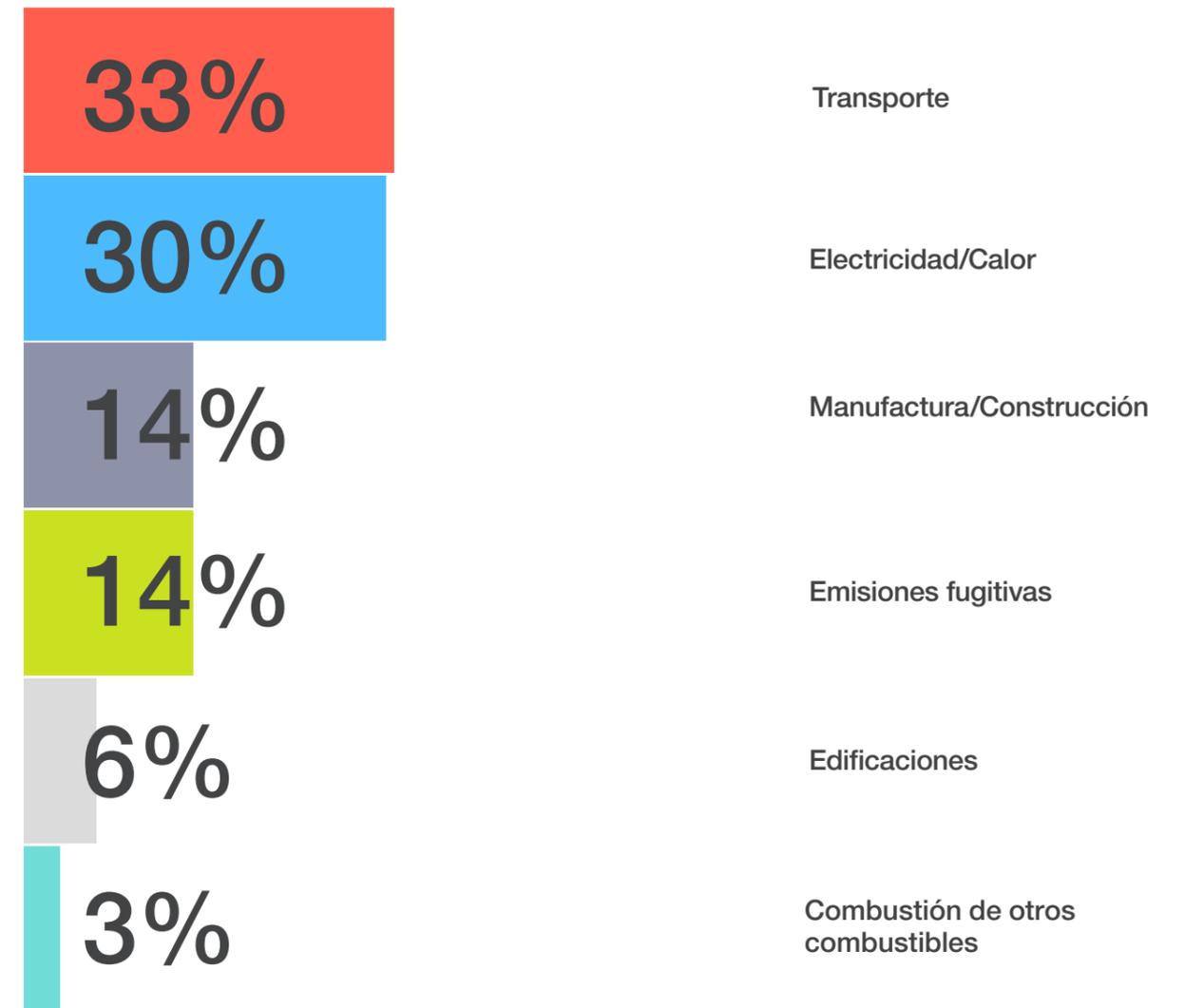
► Gases de efecto invernadero por sector en ALC (2019)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>.

Gráfico 5 B

► Detalle sector energético



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>.

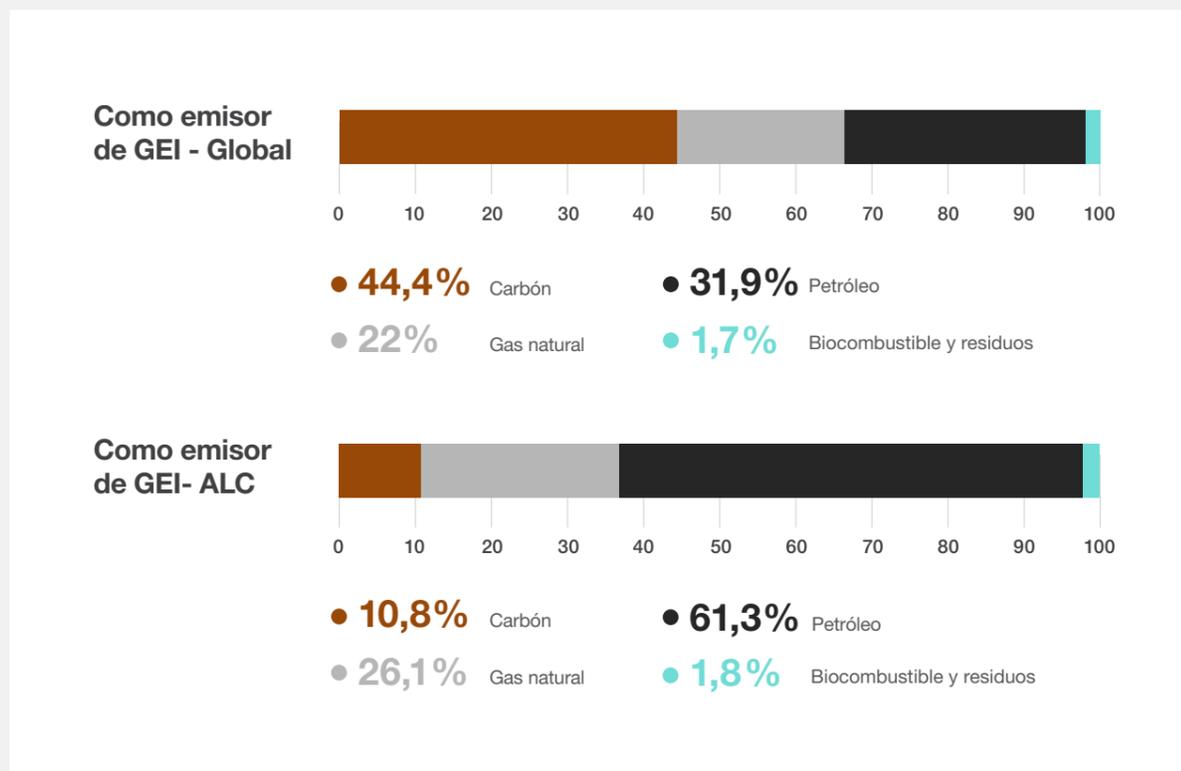
Energía y emisiones - ALC

La energía para sus distintos usos (transporte, hogares e industria) es responsable del 47% de las emisiones de GEI en América Latina y el Caribe. La agricultura y el cambio de uso de la tierra representan el 45% de los GEI en la región.

En cuanto a las fuentes y, en comparación con el año 2019, se observa una muy baja utilización de las energías más contaminantes en ALC, con una penetración de solo el 10,8% de las emisiones originadas por el carbón. Esto permite establecer que ALC realiza un uso energético de menores emisiones que el resto del mundo al tener una matriz energética con mayor penetración de gas y menor penetración de carbón. El gráfico 6 muestra los gases del sector energía según su fuente de consumo en ALC y el mundo.

Gráfico 6

► Gases de efecto invernadero del sector energía por fuente, global versus ALC, 2019 (%)

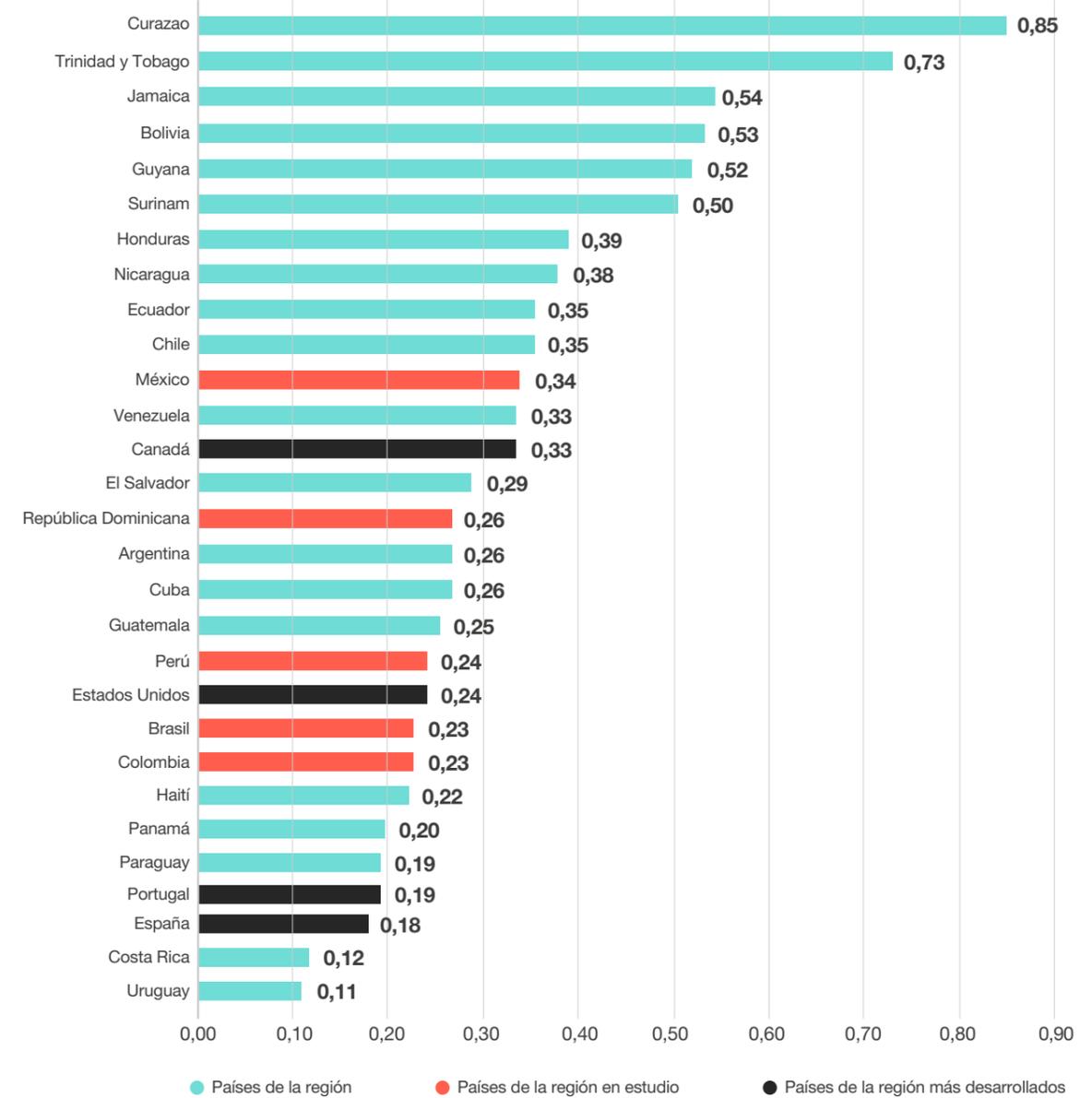


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la AIE.

El gráfico 7 presenta las emisiones respecto del PIB en los países de la región, en comparación con países desarrollados (en negro).

Gráfico 7

► Gases de efecto invernadero respecto del PIB, 2019 (kgCO2e/miles de USD)



Fuente: AIE. Nota: PIB valuado en PPP. Los cinco países del estudio están representados en rojo.

El promedio mundial asciende a 0,39 kgCO₂e/miles de USD. La tabla 2 presenta las emisiones de los países de la muestra en comparación con algunos países europeos y el mundo.

Tabla 2 ▶ Participación de las emisiones por fuente (2019)

Fuentes de energía	Brasil	Colombia	México	Perú	República Dominicana	España	Portugal	Mundo
Carbón	14%	24%	10%	5%	7%	8%	11%	44%
Petróleo	66%	54%	57%	60%	81%	60%	58%	32%
Gas natural	16%	21%	32%	33%	11%	30%	27%	22%
Otros	3%	2%	1%	2%	1%	2%	3%	2%

Fuente: Elaboración propia con base en la AIE.

Las matrices energéticas de los países de la región son intrínsecamente más limpias que el promedio mundial y, en general, están en línea con la matriz de los países desarrollados. Sin embargo, cuando se compara por unidad de producto, los países de la región poseen emisiones más altas. Esto ocurre por el bajo desarrollo de los sectores de servicios.



La transición energética y la equidad

A lo largo de los últimos 300 años, se han presentado cuatro transiciones energéticas: de la leña al carbón; del carbón al petróleo y sus derivados; la introducción del gas natural que desplazó al carbón y a algunos derivados del petróleo, y la transición energética actual de los hidrocarburos a las energías renovables.

Ninguna de las transiciones requirió suspender el uso del combustible dominante en la etapa anterior; por lo tanto, estas transiciones permitieron la amortización de los activos de las cadenas de valor reemplazadas desde su extracción hasta su uso. El eventual reemplazo en estas transiciones ocurrió por la competitividad de la nueva fuente. Por el contrario, la transición actual surge a raíz de compromisos internacionales para limitar el calentamiento global y evitar las consecuencias negativas del cambio climático y debe realizarse en forma acelerada.

Sin embargo, en la medida que no se incorporen nuevos activos, los plazos considerados para esta transición (30 años o más) pueden permitir acomodar la salida de los activos existentes y minimizar los costos relacionados con el hundimiento de los activos.



De todas formas, hay una intervención que consiste en evitar el ingreso de nuevos activos de altas emisiones durante esta ventana temporal, los cuales son competitivos actualmente. Sin embargo, se puede “administrar el *phasing out*” de los existentes.

Esta transición energética introduce un **dilema entre las necesidades de corto plazo (el crecimiento necesario para reducir la pobreza) y de largo plazo (la protección del medio ambiente)**. La reducción de la pobreza en los países en desarrollo requiere que las regulaciones para fomentar la transición energética permitan la recuperación del capital ya invertido en las actividades generadoras de emisiones, mientras estas sean competitivas.

Dicho dilema es capturado en el Acuerdo de París, dado que la energía es un factor fundamental del desarrollo económico; por lo tanto, se espera que los países de ingresos más bajos incrementen su consumo y emisiones, totales y per cápita, tal como lo indica el artículo 4 del Acuerdo de París:

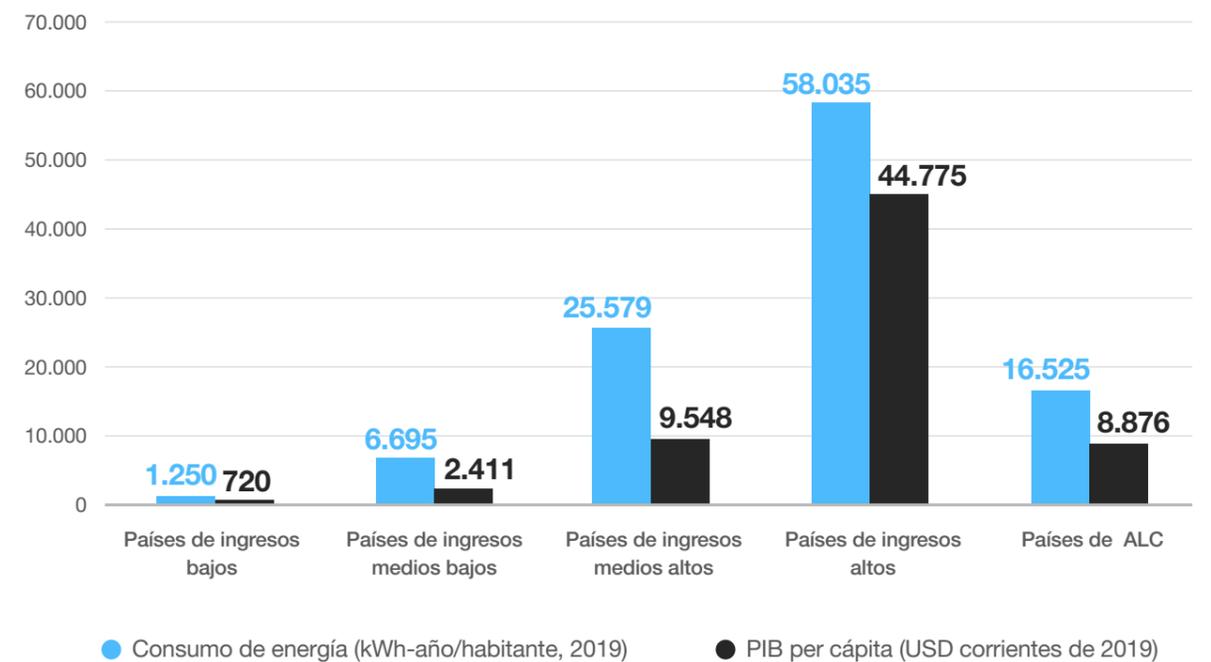
[...] 1. Para cumplir el objetivo a largo plazo referente a la temperatura que se establece en el artículo 2, las Partes se proponen lograr que las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero alcancen su punto máximo lo antes posible, teniendo presente que las Partes que son países en desarrollo tardarán más en lograrlo y, a partir de ese momento, reducir rápidamente las emisiones de gases de efecto invernadero, de conformidad con la mejor información científica disponible, para alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo, sobre la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Por lo tanto, erradicar la pobreza, maximizar el crecimiento económico y que el mismo sea equitativo son condiciones intrínsecas de un proceso de transición energética justa. A su vez, los planes y las políticas para la transición deberán considerar el cumplimiento de los objetivos de emisiones cero en la segunda mitad del siglo a fin de alcanzar un nivel de bienestar decente en el contexto de los objetivos del Acuerdo de París. Estas brechas se reflejan en las diferencias de uso energético per cápita entre los países Anexo I y no Anexo I.

El uso energético per cápita es muy diferente entre grupos de países (véase gráfico 7). Los países de altos ingresos consumen 46 veces más energía que los países de bajos ingresos.

Gráfico 8

► Consumo de energía total per cápita (kWh-año per cápita) y PIB per cápita (USD corrientes de 2019 per cápita)



Fuente: Elaboración propia con base en los datos de Our World in Data y el Banco Mundial.



El punto de partida en ALC y los países en análisis



La transición en el sector energético en América Latina y el Caribe

La región de ALC se diferencia de Europa y América del Norte en algunos aspectos:

- Europa y América del Norte han amortizado gran parte de su generación a carbón; por lo tanto, su reemplazo no tiene efectos en la recuperación del capital invertido. Esta situación es diferente en ALC, donde se realizaron inversiones en plantas de carbón entre 2010 y 2020 (República Dominicana, Guatemala, Chile y Colombia). El reemplazo temprano implicaría un costo para la sociedad en términos de amortización anticipada de los activos;
- la energía hidroeléctrica y la biomasa son una parte importante del suministro energético de ALC;
- la energía hidroeléctrica es un recurso energético con alta penetración en el sector eléctrico de la región. Existe potencial hidráulico todavía pendiente de desarrollo;
- ALC se encuentra en un período de transformación, independiente de la transición energética, a partir del crecimiento simultáneo del uso del gas (convencional y no convencional) y de las nuevas energías renovables. Entre los países de la región, existen reservas de recursos energéticos renovables y no renovables en forma dispar, lo cual genera dependencias complejas y dinámicas entre ellos, con interacciones entre los órdenes geopolíticos y energéticos a diferentes escalas;

- el desarrollo de gas de esquisto en Argentina y de las reservas de petróleo con gas asociado del Presal, la explotación actual de las reservas de gas natural (no asociado) en Venezuela y de las reservas de gas natural de Perú (Camisea) permiten que la región acceda a recursos más limpios. La importancia del gas natural ha ido en aumento. Representó el 31% del suministro total de energía primaria de la región en 2020, según datos del Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe (sieLAC). De seguir su actual desarrollo, el gas reemplazaría a la hidroelectricidad como la principal fuente de generación de electricidad en el año 2030 en ALC, de acuerdo con un análisis del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Desplazar el carbón y el petróleo por el gas natural supone un proceso de reducción significativo de las emisiones con un ritmo de gradualidad suficiente que permitiría que varios países de la región mantengan precios bajos y niveles altos de seguridad energética.

Recursos energéticos en la región

Es importante indicar que ALC y, en especial, Brasil, Colombia y Perú poseen matrices energéticas totales con una alta penetración de energías renovables. El uso de biomasa se destaca en casi la totalidad de los sectores, en particular, en los sectores industrial, residencial y transporte (biocombustibles). Al observar más específicamente el sector eléctrico, el importante desarrollo de la energía hidroeléctrica y, más recientemente, la generación de electricidad solar y eólica permiten una buena puntuación de la región en cuanto a sustentabilidad e intensidad del carbono de sus sistemas.

La tabla 3 muestra la penetración de estas energías en los países en análisis.

Tabla 3 ▶ Participación de las fuentes de energía en cada país (2019)

País	Carbón mineral	Gas natural	Petróleo	Hidro	Nuclear	Leña	Caña de azúcar y derivados	Otras primarias
Brasil	5,2%	12,8%	32,0%	12,2%	1,5%	9,2%	19,0%	8,1%
Colombia	12,9%	22,7%	41,3%	11,9%	0,0%	5,3%	4,5%	1,4%
México	8,1%	58,3%	22,8%	1,4%	2,0%	4,0%	1,8%	1,7%
Perú	2,5%	30,6%	41,9%	12,7%	0,0%	8,8%	2,1%	1,5%
Rep. Dominicana	12,7%	27,7%	30,1%	2,5%	0,0%	14,4%	8,1%	4,5%

Fuente: sieLAC. Nota: "Otras primarias" incluye las fuentes renovables no convencionales.

Los países de la región cuentan con recursos solares, eólicos e hidroeléctricos. De los países estudiados en este reporte, Brasil, Colombia y México poseen reservas hidrocarburíferas, mientras que Brasil, México³ y Perú poseen reservas de gas natural.

³ En la actualidad, México no está explotando sus reservas de gas de esquisto (*shale gas*) y depende de las importaciones provenientes de los Estados Unidos.

“La región de ALC cuenta con recursos solares, eólicos, hidroeléctricos, biomasa lo que le permite una buena puntuación en sustentabilidad e intensidad del carbono”.

2. El concepto de transición energética según los países y algunos actores destacados



Compilación de ideas y definiciones sobre la transición energética

A fin de sintetizar una definición conceptual, la presente sección compila documentos de organismos internacionales sobre el cambio climático, la transición energética y sus definiciones.

Acuerdo de París - Componentes de la transición energética

En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), realizada en París en diciembre de 2015, se acordaron objetivos a largo plazo que definen los aspectos a continuación del cambio climático y la transición energética como la principal herramienta para reducir sus efectos.

- Objetivo a largo plazo referente a la temperatura (artículo 2): **limitar el aumento de la temperatura mundial muy por debajo de 2 °C**, al tiempo que prosiguen los esfuerzos para limitarlo a 1,5 °C.
- Punto máximo y neutralidad climática (artículo 4): los países se propusieron **alcanzar cuanto antes el punto máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial y a reconocer que ese punto máximo llevará más tiempo a las Partes que son países en desarrollo** con el fin de lograr un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de GEI en la segunda mitad del siglo.
- Mitigación (artículo 4): **establece compromisos vinculantes de todas las Partes de preparar, comunicar y mantener una contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés)** y aplicar medidas nacionales para lograr dichos compromisos. En sus NDC, los países comunican las medidas que tomarán tanto para reducir sus emisiones de GEI que les permitan alcanzar los objetivos del Acuerdo de París como para desarrollar la resiliencia necesaria a fin de adaptarse a los impactos del aumento de temperaturas.
- **Adaptación** (artículo 7): se asume el compromiso de aumentar la capacidad de adaptación, fortalecer la resiliencia y reducir la vulnerabilidad al cambio climático con miras a contribuir al desarrollo sostenible y lograr una respuesta de adaptación adecuada en el contexto del objetivo que se refiere a la temperatura que se menciona en el artículo 2.
- **Financiamiento** (artículo 9): establece la necesidad de que los países desarrollados apoyen financieramente a los países en desarrollo. Para ello, el Acuerdo compromete a que exista un incremento de este financiamiento.

Definición del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Para una comunicación simple en su sitio web, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) define “la transición energética es un proceso continuo que requiere estrategias y planificación energéticas a largo plazo con un enfoque adaptado a cada país para aplicar tecnologías energéticas apropiadas que permitan alcanzar las emisiones netas cero” (PNUD, 2023).

Definición del Fondo Monetario Internacional

El Fondo Monetario Internacional (FMI) analiza la transición en términos de sus impactos económicos.

El FMI⁴ en su informe de *Perspectivas de la economía mundial, octubre de 2022* plantea el tema de la transición a una sociedad cero neto a través de la evaluación del impacto en la economía. Según este estudio, una implementación inmediata de las políticas de cambio climático, aplicadas en forma progresiva, permitirá un menor costo total. La transición energética reducirá el crecimiento económico y aumentará la inflación a corto plazo; sin embargo, postergar la implementación de las medidas multiplicará ese costo.

El FMI realiza diferentes hipótesis sobre la velocidad de la transición de la generación de electricidad hacia tecnologías con bajas emisiones de carbono y sitúa estos costos entre 0,15 y 0,25 puntos porcentuales del crecimiento del PIB y entre 0,1 y 0,4 puntos porcentuales adicionales de inflación al año.

⁴ Perspectivas de la economía mundial (Fondo Monetario Internacional), octubre de 2022.

Estos impactos ocurren por la adopción de tecnologías cuyos costos nivelados no son los más bajos y por el desmantelamiento de instalaciones antes del final de su vida útil económica y financiera. Esto significa que, si se aplican las medidas adecuadas de forma inmediata y se introducen gradualmente en los siguientes ocho años, de forma que se logre el objetivo de emitir, al final de la década, habrá un 25% menos de gases de efecto invernadero que en 2022.

Definición de la Agencia Internacional de la Energía

La Agencia Internacional de la Energía (AIE)⁵ menciona especialmente la situación de corto plazo originada en la invasión de Rusia a Ucrania. Esta invasión ha provocado una crisis energética mundial que se ha traducido en que los países más dependientes del gas ruso tomen medidas a corto plazo. Muchos de ellos, en forma concomitante, han tomado medidas a más largo plazo para aumentar o diversificar el suministro de petróleo y gas y acelerar el cambio estructural.

La AIE muestra la transición energética como la oportunidad de construir un sistema energético más seguro y sostenible y propone las siguientes pautas para ayudar a reforzar la seguridad energética en la “transición media”.

- **Priorizar la eficiencia energética y los cambios de conductas.** La crisis energética destaca el papel crucial de la eficiencia energética y las medidas conductuales para ayudar a evitar desajustes entre la demanda y la oferta.
- **Revertir la tendencia hacia la pobreza energética** y facilitar la movilidad de las comunidades de menores ingresos hacia la nueva economía energética. En las economías de mercados emergentes y en desarrollo, las personas de menores ingresos consumen nueve veces menos energía que las de mayores ingresos, pero gastan mucho más en energía en proporción de sus ingresos.

⁵ World Energy Outlook 2022, AIE, noviembre de 2022.

- **Sincronizar la penetración de tecnologías de energía limpia con el desfase de inversiones en combustibles fósiles.** Recortar la inversión en combustibles fósiles antes de aumentar la inversión en energía limpia impulsa un aumento de los precios y no necesariamente promueve transiciones seguras.
- **Colaborar para reducir el costo del capital en los mercados emergentes y en desarrollo.**
- **Gestionar el retiro y la reutilización de la infraestructura existente con cuidado.** Parte de la infraestructura existente de combustibles fósiles realiza funciones que seguirán siendo críticas durante algún tiempo y su retiro anticipado puede tener consecuencias negativas para la seguridad energética.
- **Eliminar en forma progresiva las subvenciones a los combustibles fósiles.** La tarificación del carbono y otras reformas del mercado pueden garantizar señales adecuadas de precios.
- **Abordar los riesgos específicos que enfrentan las economías productoras. La diversificación será crucial para mitigar los riesgos.** Algunos países están invirtiendo parte de sus ingresos extraordinarios actuales del petróleo y gas en energías renovables e hidrógeno de bajas emisiones.
- **Invertir en flexibilidad: una nueva consigna para la seguridad eléctrica. La creciente variabilidad en el suministro y la demanda de electricidad significa que el requisito de flexibilidad se cuadruplicará a mediados de siglo.** El almacenamiento con baterías y una mejora en la respuesta del lado de la demanda se vuelven cada vez más importantes.
- **Garantizar cadenas de suministro de energía limpia diversas y resilientes. Fomentar la resiliencia climática de la infraestructura energética.**

- **Proporcionar dirección estratégica y abordar las fallas del mercado sin dismantlar mercados.** Los gobiernos deben tomar la iniciativa para garantizar transiciones energéticas seguras, abordar las distorsiones del mercado, en particular, los subsidios a los combustibles fósiles, así como corregir fallas de mercado. Un 70% de las inversiones necesarias para la transición deberían provenir de fuentes privadas.

Definición de la Agencia Internacional de Energías Renovables

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA⁶) menciona que la necesidad de la transición energética se ha vuelto todavía más urgente. Las crisis agravantes subrayan la necesidad apremiante de acelerar la transición energética mundial y los gobiernos deben asumir la desafiante tarea de abordar agendas aparentemente opuestas de seguridad energética, resiliencia y energía asequible para todos.

La aceleración de la transición energética también es esencial para la seguridad energética a largo plazo, la estabilidad de precios y la resiliencia nacional. Este camino también crearía empleos, reduciría la pobreza y promovería la causa de una economía global inclusiva y climáticamente segura.

La ruta de 1,5 °C de la IRENA posiciona a la electrificación y la eficiencia como impulsores clave de la transición energética, habilitada por las energías renovables, el hidrógeno de bajas emisiones y la biomasa sostenible. Este camino, que requiere un cambio enorme en la forma en que las sociedades producen y consumen energía, se puede lograr a través de:

- aumentos significativos en la generación y usos directos de electricidad basada en energías renovables;

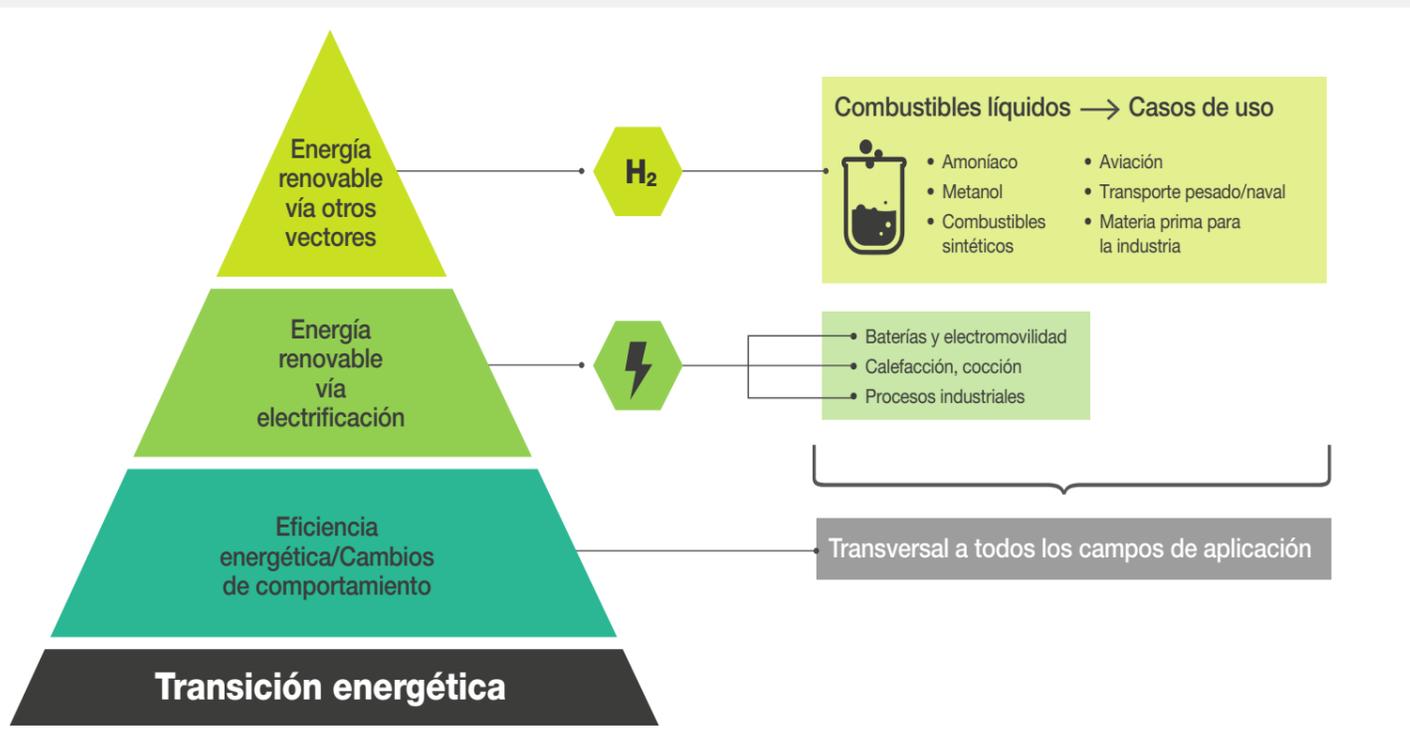
⁶ IRENA (2022), *Perspectiva mundial de las transiciones energéticas, 2022: Ruta de 1,5 °C*, Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dabi.

- mejoras sustanciales en la eficiencia energética;
- la electrificación de los sectores de uso final (por ejemplo, vehículos eléctricos y bombas de calor);
- hidrógeno de bajas emisiones y sus derivados;
- bioenergía junto con captura y almacenamiento de carbono, y
- uso de captura y almacenamiento de carbono en el lugar donde se produce.

El gráfico 9 resume las principales vías para la transición energética.

Gráfico 9

► Vías para la transición energética



Fuente: Elaboración propia.

Definición del Banco Mundial

El Banco Mundial hace hincapié en la importancia del sector energético como motor de inversiones, innovación, generación de empleo y crecimiento en las naciones. En este contexto, se enfoca en reducir la desigualdad en el sector. Menciona que, a la fecha, 733 millones de personas todavía no cuentan con acceso a electricidad y 2.600 millones cocinan con combustibles contaminantes que dañan la salud.

La crisis de la COVID-19 y la guerra en Ucrania han generado un gran incremento en los precios de la energía, aumentado las situaciones de escasez y las preocupaciones acerca de la seguridad energética. Estas consecuencias han perjudicado a casi todos los países, aunque, según la visión del Banco Mundial, los países en desarrollo han sido los más perjudicados. Un ejemplo es que aproximadamente 90 millones de personas en Asia y África que habían ganado acceso a la electricidad ya no pueden afrontar el gasto asociado a cubrir sus necesidades básicas.

En este contexto, el Banco Mundial identifica a las tecnologías renovables como una gran oportunidad para mitigar el cambio climático, generar resiliencia ante la volatilidad de los precios y bajar los costos de la energía. Por todo lo antedicho, se enfoca en abordar el problema de accesibilidad a la energía, particularmente en países de menores recursos, caracterizados por su fragilidad, conflictos y violencia.

Algunas de sus líneas de trabajo son:

- impulsar la generación renovable;
- apoyar la reducción de la utilización del carbón;
- reducir las emisiones de metano;
- aumentar la accesibilidad energética;

- reducir el impacto sobre la salud de combustibles tradicionales en actividades de cocina;
- promover los mecanismos de precio de las emisiones;
- fomentar la eficiencia energética.



Otros conceptos asociados a la transición justa

Adicionalmente a los conceptos que incluyen la transición energética, se han planteado varios conceptos de transición energética justa.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha definido la transición justa como “la ecologización de la economía de una manera que sea lo más justa e integradora posible para todos los interesados mediante la creación de oportunidades de trabajo decente y sin dejar a nadie atrás”.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) definió 11 elementos de una transición justa:

1. inversiones en el establecimiento de tecnologías y sectores de bajas emisiones e intensivos en mano de obra;
2. investigación y evaluación temprana de los impactos sociales y laborales de las políticas climáticas;
3. diálogo social y consulta democrática de los interlocutores sociales y las partes interesadas;
4. creación de empleos decentes, políticas activas de los mercados laborales y derechos en el trabajo;
5. equidad en el acceso y el uso de la energía;

6. diversificación económica basada en inversiones bajas en carbono;
7. programas de formación y reformas realistas que conduzcan a un trabajo digno;
8. políticas específicas de género que promuevan resultados equitativos;
9. fomento de la cooperación internacional y de acciones multilaterales coordinadas;
10. reparación de daños pasados e injusticias percibidas;
11. consideración de los problemas de justicia intergeneracional, como el impacto de las decisiones políticas en las generaciones futuras.





Organización temática de los principales elementos de la transición energética

La transición energética hacia una economía baja en carbono está asociada a cambios significativos en la matriz energética primaria y la infraestructura para la producción, el transporte y el uso de los recursos energéticos. Entre ellos, se destacan la **incorporación de fuentes primarias renovables por el lado de la oferta** y la combinación de **electrificación del consumo/eficiencia energética por el lado de la demanda**. En los documentos analizados, se definen diferentes líneas de acción.

Energías renovables no convencionales

- **Mitigación de emisiones.** Las energías renovables, como la solar, la eólica, la hidroeléctrica y la geotérmica, generan electricidad sin producir emisiones significativas de dióxido de carbono u otros gases de efecto invernadero. Esto contribuye directamente a la mitigación del cambio climático y a la reducción de la dependencia de combustibles fósiles altamente contaminantes.
- **Diversificación de la matriz eléctrica.** Las energías renovables no convencionales permiten diversificar la generación eléctrica, lo cual reduce la vulnerabilidad a las sequías en los países altamente dependientes de la generación hidroeléctrica y a la volatilidad de los precios de los combustibles en los países que tienen una matriz eléctrica más térmica.
- **Recursos nacionales y potenciales.** Los países de la región se benefician mayormente de altos factores de producción solar y eólica, así como también, en algunos casos, de potencial geotérmico y biomasa.
- **Costos nivelados y competitivos de la energía.** En los últimos años, tanto las tecnologías solares como eólicas han experimentado una baja significativa de sus gastos de capital (CAPEX, por sus siglas en inglés) y han ganado competencia frente a otras tecnologías de producción

eléctrica. Se espera que esta tendencia siga en el futuro gracias a la mejora continua de los procesos tecnológicos, a las economías de escala en la fabricación de los componentes y a una mayor competencia en el mercado con el desarrollo mundial de estas tecnologías.

Eficiencia energética

- **Mejora de la eficiencia energética en consumos residenciales, comerciales, industriales, etc.** La implementación de acciones de eficiencia energética (EE) en la región ha permitido la mejora de la intensidad energética, pero todavía queda pendiente mucho trabajo. La eficiencia energética, junto con los cambios de conductas, constituyen uno de los pilares de la transición energética.

Desconcentración de redes

- **Introducción de energías renovables y generación distribuida asociada a la innovación tecnológica en redes.** El panorama tecnológico también está cambiando rápidamente por el lado de la demanda y las redes. Las redes de fibra óptica, la telefonía celular y las soluciones digitales brindan —en conjunto— un número creciente de opciones para monitorear, controlar y optimizar el consumo, la autogeneración y el almacenamiento de electricidad, mientras que la implementación de un sistema de transmisión inteligente ofrece solución a la variabilidad de las fuentes renovables.
- **Generación distribuida, empresas de servicios energéticos y respuesta a la demanda.** La implementación de la generación distribuida (GD) conlleva el diseño de nuevos modelos de negocio y cambios en el uso de las redes (de transmisión y distribución). La decisión de invertir en GD es mucho más descentralizada.
- **La electrificación de la movilidad constituye también un cambio en el sector eléctrico** que aumenta significativamente la demanda de electricidad y ofrece nuevas fuentes de flexibilidad al sistema al aportar las baterías de los vehículos como mecanismos de reserva para el consumo hogareño.

Gas natural

- **Mitigación de emisiones.** El gas natural es el combustible de menores emisiones de CO₂ en la etapa de combustión respecto de otras fuentes de energía de origen fósil (véase IPCC⁷). Por otro lado, la combustión del gas natural permite una mejora en la calidad del aire, ya que reduce un 80 % las emisiones de óxidos de nitrógeno y, prácticamente, elimina las emisiones de óxidos de azufre y material particulado respecto de otros combustibles fósiles (CAF, 2022)⁸.
- **El gas en la transición energética global.** En sus publicaciones de 2022, la Agencia Internacional de Energía (AIE) indica que el gas natural seguirá siendo una fuente de energía y refiere que se utilizará en la generación eléctrica con sistemas de retención de carbono.
- **El uso del gas en la producción de energía eléctrica.** América Latina se encuentra en un período de transformación que surge a partir del crecimiento simultáneo del uso del gas (convencional y no convencional) y de las nuevas energías renovables (eólica y solar). Además, se debe destacar la importancia del gas como factor de estabilidad de los sistemas interconectados, en particular, frente a una demanda o producción eléctrica con una alta estacionalidad. Asimismo, el gas puede brindar firmeza al sistema ante situaciones de sequías en sistemas altamente hidroeléctricos.
- **Recursos en la región.** Existen reservas de recursos energéticos renovables y no renovables en forma dispar entre los países, lo que genera dependencias complejas y dinámicas entre ellos, con interacciones entre los órdenes geopolíticos y energéticos en diferentes escalas. El desarrollo de gas de esquisto en Argentina y las reservas de petróleo con gas asociado de Presal permiten que la región acceda a recursos más limpios. La importancia del gas ha ido en aumento. Representó el 31 % del suministro total de energía primaria de la región en 2020, según datos del Sistema de Información Energética de América Latina y el Caribe (sieLAC).

⁷ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf

⁸ <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1980>

- **El desarrollo de fuentes hidrocarburíferas en América Latina.** El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en un documento sobre el gas en América Latina (Quirós-Tortós, et al., 2022)⁹ menciona que México, Brasil y Argentina están aumentando sus inversiones y explotación de combustibles fósiles, particularmente de gas natural, mientras que muchos otros países están planificando nuevos proyectos de infraestructura de gas natural.
- **El gas como alternativa en sectores difíciles de electrificar.** En la industria, el gas puede tener un desempeño favorable gracias a su menor impacto ambiental en comparación con el carbón y a que su precio puede ser menor que el petróleo, en particular, para los procesos que requieren calor de alta temperatura (AIE¹⁰).
- En este contexto, el gas natural puede ser un combustible de mitigación de emisiones de CO₂ legítimo, con un papel relevante, en particular, para los usos industriales de difícil electrificación, así también como fuente para la producción de energía eléctrica firme.

Se debe destacar la importancia del gas como factor de estabilidad de los sistemas interconectados, en particular, frente a una demanda o producción eléctrica con una alta estacionalidad. Asimismo, desde una perspectiva económica, el gas representa una solución tecnológica y financieramente viable hasta que se logre alcanzar la madurez y costo de financiamiento óptimo de otras tecnologías.

⁹ United Nations Environment Programme (2022). *Is Natural Gas a Good Investment for Latin America and the Caribbean? From Economic to Employment and Climate Impacts of the Power Sector.*

¹⁰ <https://www.iea.org/reports/the-role-of-gas-in-todays-energy-transitions>

Transporte

- **Mitigación de emisiones del transporte y las alternativas de transición.**

El sector transporte presenta el segundo sector con mayor cantidad de emisiones en el mundo. En el mercado del transporte es donde mejor se observa la concurrencia de varias cadenas de valor para resolver las emisiones de diferentes subsectores.

- La movilidad eléctrica está concentrada en resolver mayormente las cuestiones de vehículos pequeños y medianos, así como de camiones de carga para distancias medianas. También existen avances con respecto al transporte carretero eléctrico de carga para distancias largas.
- El hidrógeno y sus derivados se focalizan en el transporte de carga pesada de larga distancia (tractocamiones, marítimo y aviación).
- El gas natural puede ser una opción de transición para los camiones y tractocamiones, pero el impacto en términos de reducción de emisiones no es significativo.
- Los combustibles verdes (biocombustibles) y sintéticos (derivados del H₂) son una opción de transición para la aviación.

En el sector del transporte de carga y la aviación es donde se necesitan más esfuerzos de desarrollo tecnológico. El hidrógeno para la aviación es una propuesta con pocos avances concretos en su desarrollo hacia precios competitivos.

Almacenamiento energético

- **América Latina posee recursos hidroeléctricos abundantes y potencial para continuar su desarrollo.** Los proyectos con embalses pueden ser una alternativa que se puede concretar mientras se desarrollan las cadenas de valor de las baterías y el hidrógeno de bajas emisiones.
- **La introducción del hidrógeno verde.** Se puede utilizar electricidad generada por fuentes renovables para producir hidrógeno, que es un excelente

almacenador de energía y puede utilizarse en el transporte. El hidrógeno puede convertirse en una pieza clave para la flexibilidad necesaria en el sistema eléctrico a partir de energías renovables¹¹ y en la logística de transporte.

- Un aspecto, poco mencionado en los documentos analizados, es que el hidrógeno y los combustibles sintéticos a partir del hidrógeno son tecnologías ya desarrolladas, pero que todavía no son competitivas. Se los pueden transportar largas distancias, desde regiones con abundantes recursos energéticos a ciudades muy distantes. Además, los combustibles sintéticos reducirían la cantidad de activos hundidos en los sectores asociados a las cadenas de valor del sector automotriz y de los biocombustibles¹².

Reducción de emisiones

- **La captura de carbono.** El objetivo de eliminar por completo las emisiones netas de carbono en menos de 30 años requerirá cambios universales tanto en los procesos industriales globales como en las prácticas domésticas de consumo energético. Existe una estrategia menos publicitada, pero de igual importancia, que es la captura de CO₂ en la fuente o directamente desde la atmósfera (captura de carbono). Las tecnologías implicadas se ven obstaculizadas por lo elevado de los costos y, principalmente, por su almacenamiento. Este último es el factor tecnológico que todavía no se ha desarrollado. Actualmente, se captura solo el 0,1% de las emisiones globales de CO₂. Se prevé que este porcentaje aumentará al 19% antes de 2050. Las iniciativas de investigación centradas en la tecnología de captura de carbono han aumentado en los últimos años, pero, hasta la fecha, pocas aplicaciones se han implementado comercialmente.

¹¹ Debe, sin embargo, aclararse que su baja densidad a temperatura ambiente (0,09 kg/m³) hace que el contenido energético del H₂ por unidad de volumen sea cerca de 3.500 veces inferior al de estos combustibles. Esta característica, sumada a que su punto de licuefacción es cercano al cero absoluto (-253 °C), hace que el almacenamiento del hidrógeno sea costoso y complejo. Además, el hidrógeno puede ser una opción para sectores que, de otro modo, serán difíciles o muy costosos de descarbonizar mediante la electrificación, por ejemplo, los usos energéticos en procesos industriales y el transporte.

¹² Los combustibles sintéticos permiten la generación de gas sintético y derivados sintéticos, lo cual permitiría utilizar las plantas existentes por algún tiempo adicional. Los combustibles sintéticos liberan CO₂ en la etapa de combustión, pero absorben CO₂ de la atmósfera durante el crecimiento de la biomasa.

- Los océanos y los bosques son el mecanismo más antiguo de captura y almacenamiento de carbono. Los bosques, como grandes sumideros de carbono, absorben el carbono atmosférico y lo almacenan durante siglos a través del proceso de fotosíntesis. Según www.woodlandtrust.org.uk, “Todo el ecosistema forestal desempeña un papel fundamental en el almacenamiento de carbono: la madera viva, las raíces, las hojas, la madera muerta, los suelos circundantes y la vegetación asociada”. Acciones sobre estas tecnologías no forman parte de este estudio. Una hectárea de bosque absorbe alrededor de 400 toneladas de CO₂.



Mercados de carbono

Los precios al carbono que se expresan en impuestos al carbono permiten acelerar la introducción de tecnologías limpias. El Banco Mundial (Partnership for Market Readiness, 2022), indica:

[...] La fijación del precio al carbono es una herramienta política rentable que los gobiernos y las empresas pueden utilizar como parte de su estrategia climática más extensa. Crea un incentivo financiero para mitigar las emisiones mediante la señalización de precios.

Al incorporar los costos del cambio climático en la toma de decisiones económicas, la fijación del precio al carbono puede ayudar a fomentar cambios en los patrones de producción y consumo, favoreciendo así un crecimiento bajo en emisiones de carbono.

Las políticas de fijación del precio al carbono pueden contribuir a eliminar las barreras en los precios que impiden el desarrollo con bajas emisiones de carbono. Sin embargo, su eficacia es limitada si faltan otras políticas que las puedan reforzar y complementar en respuesta a otros retos del cambio climático y fallos del mercado.

- El sistema de precios es el mecanismo más eficiente para resolver los incentivos para las emisiones de carbono; estos mecanismos permiten un esquema simple para comunicar los costos asociados a cada tecnología.
- El problema se presenta en cómo incorporar las emisiones a los precios. La medición de las emisiones parte de estimaciones de emisiones sobre la base de los combustibles e instrumentos utilizados sin medir a ciencia cierta el ciclo completo. En las emisiones relacionadas con la producción primaria, esta situación es muy compleja. Estas restricciones, en general, limitan la posibilidad de imponer estos impuestos o mecanismos de precios.

- En ALC, las discusiones han versado sobre la creación de impuestos al carbono, tipo Pigou. Sin embargo, debe darse una discusión profunda de estos instrumentos a fin de tener mecanismos de medición y fijación de precios que estén en línea con la situación particular de la región, donde se estima que la mayor cantidad de emisiones se origina en el uso del suelo.

Marco regulatorio y políticas públicas

- Las soluciones propuestas en la región para una transformación energética requerirán una evaluación de los siguientes elementos:
 - gradualidad de la puesta en marcha de las medidas, en particular, será necesario:
 - gestionar el retiro y la reutilización de la infraestructura existente con cuidado;
 - sincronizar la penetración de las energías limpias con el retiro de las energías contaminantes;
 - proporcionar dirección estratégica y abordar las fallas del mercado, sin dismantelar mercados;
 - implementación de mercados competitivos para apuntalar el desarrollo económico de la región;
 - flexibilidad de la red eléctrica para mejorar la eficiencia y la confiabilidad en la gestión de los recursos eléctricos variables;
 - fomento de recursos distribuidos de energía limpia para avanzar hacia el acceso universal y resiliencia;
 - integración del planeamiento energético entre sectores y a nivel regional para fomentar el uso eficiente;
 - fortalecimiento de la armonización regulatoria y el diseño de mercados para fomentar la integración regional;

- medidas de atención a aquellas actividades que sean desplazadas por la transición;
- implementación de mecanismos de financiamiento verde;
- tarifas que reflejen los costos.



Financiamiento

- El financiamiento es un factor clave que se menciona en el Acuerdo de París, las definiciones del PNUD, el FMI y el Banco Mundial. El artículo 9.1 del Acuerdo establece que se realizarán mayores esfuerzos para la consecución de financiamiento de los países del Anexo I.

“ALC puede utilizar electricidad de fuentes renovables para generar hidrógeno verde, que tiene potencial de convertirse en pieza clave del sistema eléctrico y transporte regional”.

3. Conceptualización de la transición energética justa en América Latina y el Caribe

A continuación, se definen dos aspectos claves para el futuro desarrollo de este trabajo: qué implica la transición energética en ALC y la conceptualización de la transición energética justa para la región.



Algunas características diferenciales de ALC que deben reflejarse en la transición energética

Como se indicó anteriormente, la región se caracteriza por:

- el cambio de uso del suelo como principal fuente de emisión;
- una baja penetración del carbón tanto en la matriz energética como eléctrica;
- una gradual penetración del gas natural;
- emisiones per cápita menores a las del resto del mundo;

- emisiones mayores que las de los países desarrollados, medidas en relación con el PIB;
- falta de acceso a servicios básicos para una proporción de las personas de menores recursos;
- distribución desigual de la riqueza;
- consumos energéticos medios en la mayoría de los países de la región;
- perspectivas de crecimiento de la demanda y oferta energética para el período entre 2023 y 2050;
- una oferta energética primaria con una participación alta de energías renovables¹³ (generación eléctrica y biocombustibles);
- grandes reservas de recursos renovables y fósiles que permiten una diversificación de fuentes, particular de cada país en análisis.

La región debe aprovechar los recursos naturales abundantes como la energía solar y eólica, la hidroelectricidad (grandes proyectos que todavía se pueden construir) y los biocombustibles (a partir de soja, azúcar y otros), junto con desarrollos del gas como combustible de transición para amortizar las inversiones realizadas en los últimos 20 años.

Asimismo, la transición debe ser inclusiva, así que las modificaciones a los sistemas de precios (subsidios) requeridos por la IRENA y la AIE deben ser analizadas desde una perspectiva local.

¹³ Desde el año 2010, los países de la región han promovido la introducción de tecnologías no competitivas en el sector eléctrico, socializando sus mayores costos a través de los precios de la energía eléctrica en un entorno de precios energéticos bajos. Adicionalmente, ha habido aportes de los fondos del clima o de los bancos de desarrollo local (BNDES, Corfo, para pilotos en diversos segmentos de la cadena de valor).

En la actualidad, los mayores precios de la energía hacen pensar que la región desarrollará proyectos no competitivos cuando existan los fondos de fomento, que podrían originarse en los fondos del clima, las instituciones financieras internacionales o los bancos de fomento local.



La transición energética justa en América Latina y el Caribe

La **transición energética justa** es un proceso de conversión del sistema energético que busca **reducir gradualmente las emisiones de gases de efecto invernadero** a través de la promoción del uso de tecnologías que utilicen los recursos disponibles en la región, la priorización de aquellos recursos con mayor aporte al **crecimiento económico** sujeto a alcanzar emisiones netas iguales a cero y el mantenimiento del enfoque de **mejorar los niveles de vida** hacia estándares compatibles con una vida digna. Este concepto se alinea con el Acuerdo de París, que establece que los países en desarrollo tardarán más tiempo en lograr estos objetivos y que el proceso deberá regirse por la base de la equidad y en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza.

Esta transición implica acelerar la introducción de tecnologías limpias, económicamente competitivas y la mejora de la eficiencia energética en las cadenas de valor del sector energético.

Las tecnologías limpias son aquellas que generan emisiones bajas o nulas (energías renovables, gas natural, nuclear, biomasa certificable y biocombustibles) y nuevos desarrollos (hidrógeno verde, procesos de captura, uso y almacenamiento de carbono), mientras que la eficiencia energética supone la electrificación de la demanda, la optimización de los sistemas de transporte y la distribución y conversión de equipamientos.

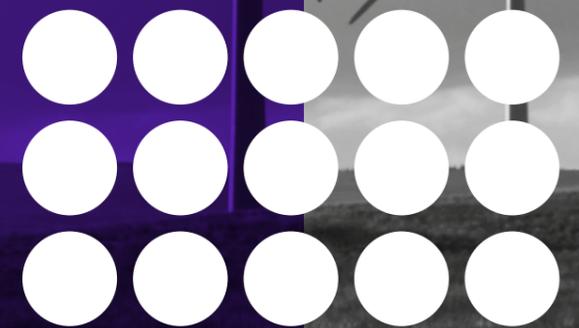
La transición energética justa se cumple mediante el alineamiento de:

1. la solución tecnológica, que ocurre cuando los costos de producción, logística y suministro de energía limpia a los consumidores, medidos en costos nivelados, son más bajos que las fuentes de energía de altas emisiones;

2. la solución regulatoria, que ocurre cuando se desarrollan regulaciones que promueven las tecnologías limpias e internalizan los costos de remediación, se limita la participación de fuentes de energía altamente contaminante y se desarrollan tarifas y subsidios que incentivan la eficiencia energética;
3. la solución de mercado, que ocurre cuando se implementan mecanismos de precios al carbono que internalizan los costos de remediación originados en las emisiones generadas a través de impuestos o certificados de emisiones;
4. el financiamiento, que ocurre cuando se articulan precios, aportes internacionales y de los Tesoros, lo cual equilibra la cobertura y la asequibilidad para todos los habitantes y la recuperación de costos e inversiones.

3

Definición de indicadores



Se presenta a continuación un conjunto de indicadores que permiten evaluar el proceso de transición energética justa y, en particular, medir el cumplimiento de metas asociadas con diferentes dimensiones de esta.

1. Dimensiones y tópicos de la transición energética justa



Dimensiones de la transición energética justa

- **Aspectos institucionales.** Incorporar medidas relativas al cambio climático en políticas, estrategias y planes nacionales; y promover mecanismos para aumentar la capacidad de planificación y gestión eficaces en relación con el **cambio climático**. Los aspectos institucionales constituyen una condición inicial necesaria de la TEJ.
- **Aspectos económicos/energéticos.** Valorar los recursos existentes en la región; garantizar la seguridad energética; aumentar la proporción de energía renovable en el consumo de fuentes energéticas; mejorar la eficiencia energética; ampliar la infraestructura, y limitar las externalidades

económicas negativas. Estos aspectos se relacionan con la promoción del uso de tecnologías que utilicen los **recursos disponibles en la región**, priorizando aquellos con mayor aporte al **crecimiento económico**.

- **Aspectos sociales.** Reducir las brechas de pobreza energética, reconocer el derecho legítimo de desarrollarse y garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos. Estos aspectos están en línea con el concepto de una TEJ que busca garantizar la **mejora de los niveles de vida** hacia estándares compatibles con una vida digna.
- **Aspectos ambientales y perfil climático.** Reducir las emisiones del equivalente de CO₂ (CO₂e) y limitar la vulnerabilidad al cambio climático. Estos aspectos permiten medir el progreso de la TEJ, es decir, el proceso de conversión del sistema energético y la **reducción gradual** de las emisiones de GEI.
- **Financiamiento.** Disponer de recursos financieros, reducir el costo de capital, aumentar la cooperación internacional y promover la inversión. El financiamiento es una de las **herramientas necesarias** de la TEJ.

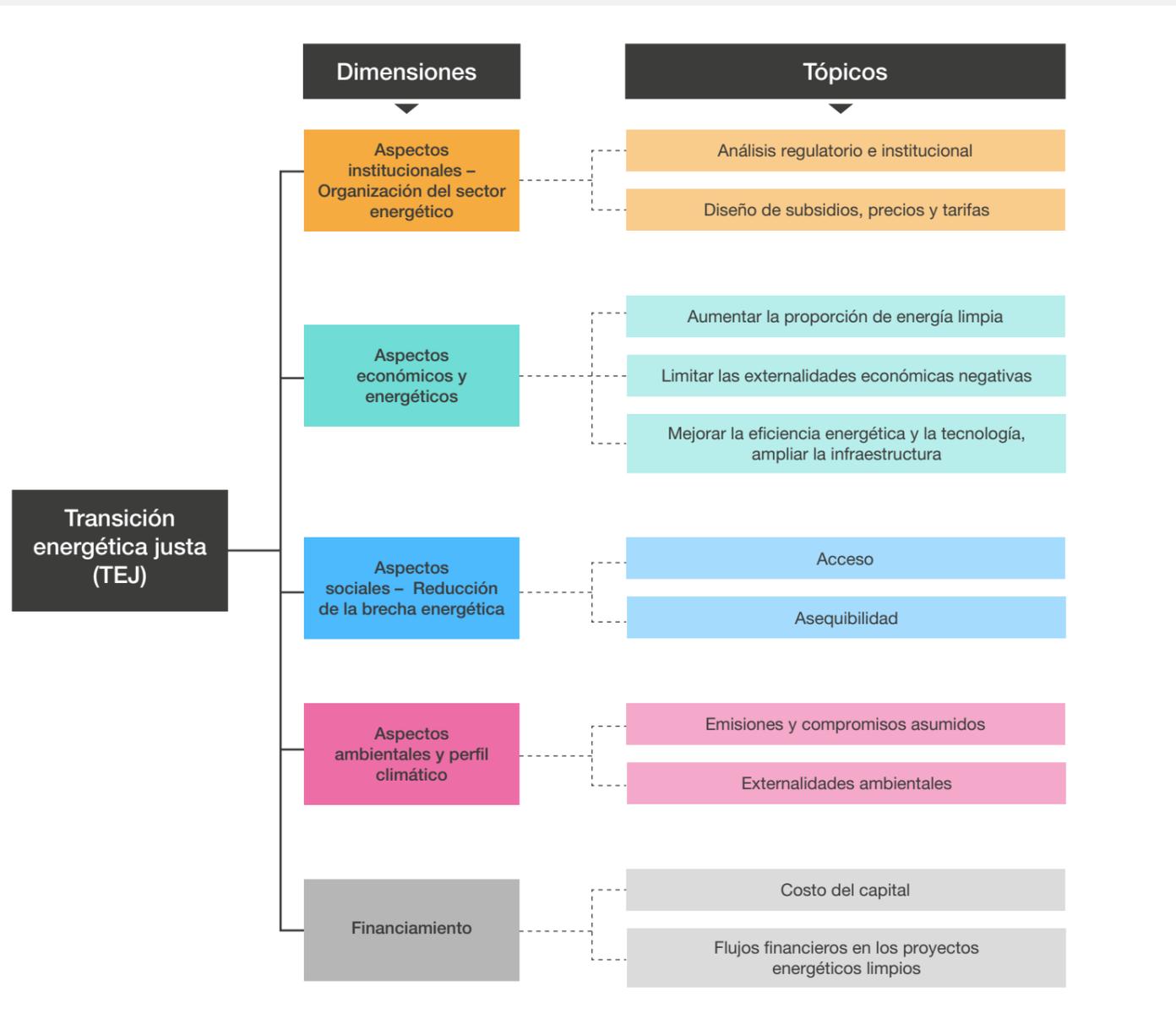


Dimensiones y tópicos asociados

El gráfico 11 presenta los tópicos asociados a las cinco dimensiones definidas. Estos tópicos están relacionados con metas a cumplir en el ámbito de la TEJ y permiten agrupar los indicadores en subgrupos. Si bien la mayor parte de los indicadores corresponden a la TEJ, se suman otros importantes para evaluar aspectos que no están relacionados con la transición energética, pero sí con aspectos intermedios, como la evolución de los subsidios a la energía y los diseños tarifarios asociados a la correcta regulación. A continuación, se desarrollan las temáticas, luego se presenta una tabla con todos los indicadores y, finalmente, el desarrollo de estos.

Gráfico 10

► Dimensiones y tópicos de la transición energética justa (TEJ)



Fuente: GME-CAF (julio de 2023).

Aspectos institucionales – Organización del sector energético

La puesta en marcha de mecanismos de la TEJ depende de aspectos institucionales y de la organización del sector, así como de las condiciones de los marcos regulatorios (aptos o no). Algunas de las acciones necesarias incluyen:

- la sanción de normas relativas al cambio climático con la asignación de responsabilidades sobre estas políticas en alguna repartición bien definida que tome a su cargo el desarrollo de la TEJ;
- la incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales;
- la promoción de mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático;
- la gestión del acceso a la energía de la población (en particular, para las poblaciones de menores recursos en algunos países de la región), las políticas tarifarias, los impuestos sobre las emisiones, la creación de derechos de polución y los subsidios son aspectos de la organización del sector.

A Análisis regulatorio e institucional

El primer concepto es cualitativo, sin embargo, el cambio climático y las responsabilidades que deberán desarrollarse en el tiempo para las áreas a cargo de la temática serán dinámicos. El dinamismo en adoptar esas nuevas herramientas u objetivos debe ser evaluado en forma recurrente.

El segundo concepto y el tercero pueden evaluarse a través de indicadores dedicados para medir, por ejemplo, la existencia de estrategias de transición energética detalladas a largo plazo y si estas estrategias permiten cumplir con los compromisos ambientales nacionales.

B Diseño de subsidios, precios y tarifas

La gestión del acceso y las políticas tarifarias se concentran en evaluar el alineamiento de los precios con sus costos (eficiencia económica) para que ocurra la transición energética justa. Estas políticas tarifarias son vitales para la implementación de las políticas de eficiencia energética a corto plazo.

En Colombia, México, Perú y República Dominicana, ya sea por la utilización de subsidios cruzados explícitos o por la intervención del Estado mediante el aporte de recursos presupuestarios para las empresas prestadoras, las tarifas no reflejan los costos de producción. Esto implica que este conjunto de indicadores debería cumplirse en plazos más cortos y ser diseñados de tal manera que permitan las señales de precios.

En los cinco países analizados, existen subsidios o intervención del Estado en la formación de los precios de los combustibles líquidos; por ejemplo, el esquema de subsidios de Colombia se basa en estratos¹⁴. Este esquema de subsidio por tipo de propiedad no asocia el mismo al nivel de consumo, lo que no genera una señal de precio adecuada. Por su parte, el sistema de Fondo de Compensación Social Eléctrica (FOSE) de Perú subsidia niveles de consumo¹⁵.

- ¹⁴ El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), organismo responsable de la clasificación, indica que “los estratos socioeconómicos en los que se pueden clasificar las viviendas y los predios son 6, denominados así: 1. bajo-bajo, 2. bajo, 3. medio-bajo, 4. medio, 5. medio-alto y 6. alto. De estos, los estratos 1, 2 y 3 corresponden a estratos bajos que albergan a los usuarios con menores recursos, los cuales son beneficiarios de subsidios en los servicios públicos domiciliarios; los estratos 5 y 6 corresponden a estratos altos que albergan a los usuarios con mayores recursos económicos, los cuales deben pagar sobrecostos (contribución) sobre el valor de los servicios públicos domiciliarios. El estrato 4 no es beneficiario de subsidios, ni debe pagar sobrecostos, paga exactamente el valor que la empresa defina como costo de prestación del servicio. La clasificación en cualquiera de los seis estratos es una aproximación a la diferencia socioeconómica jerarquizada, léase pobreza a riqueza o viceversa. Como resultado de dicha clasificación en una misma ciudad se pueden encontrar viviendas tan disímiles como las que van desde el tugurio que expresa –sin lugar a dudas– la miseria de sus moradores, hasta la mansión o palacete que, en igual forma, evidencia una enorme acumulación de riqueza. Lo mismo sucede en la zona rural con viviendas que van desde chozas sin paredes hasta ‘ranchos’, haciendas de grandes extensiones de tierra productiva y fincas de recreo de exuberantes comodidades”.
- ¹⁵ Si bien el diseño de este sistema es más adecuado para la generación de incentivos para un consumo eficiente, genera otro tipo de comportamientos, como la aparición de más de un medidor por propiedad. La empresa distribuidora mejora su cobrabilidad y se reduce el consumo promedio de los clientes de bajos ingresos.

En consecuencia, el diseño de los subsidios debe permitir que los precios aumenten cuando el ingreso medio crezca y, de esta manera, la señal del precio de la energía incentive a consumir en forma eficiente.

La eficiencia energética también debe estar relacionada con los subsidios, dado que estos generan consumos ineficientes. Por lo tanto, debe desarrollarse la eficiencia energética en forma coordinada con la reducción y eventual redefinición de subsidios a fin de reducir el impacto del alineamiento de los precios a los costos en las poblaciones más humildes.

Aspectos económicos y energéticos

Un primer vector de los aspectos económicos es el nivel de actividad económica, resumido en el PIB per cápita (a valores de paridad del poder adquisitivo [PPP]). En este sentido, se estima la necesidad de alcanzar un PIB per cápita suficiente para lograr un muy alto desarrollo humano y satisfacer todas las necesidades energéticas del país¹⁶.

La transición energética justa en cuanto a los aspectos económicos y energéticos debe considerar los siguientes aspectos:

1. utilización de los recursos locales;
2. introducción de las tecnologías de transición energética;
3. externalidades económicas y creación de empleo.

- ¹⁶ De acuerdo con la definición del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), se considera que un país cuenta con un desarrollo humano muy alto cuando su índice de desarrollo humano (IDH) es igual o mayor a 0,8. A su vez, se considera que un país logra satisfacer todas sus necesidades energéticas cuando muestra valores de consumo eléctrico mayores que 5.000 kWh per cápita-año. Por último, con el fin de establecer un margen de niveles mínimos de PIB que los países deben alcanzar para ser considerados desarrollados, se utiliza el PIB promedio del quintil inferior de países con muy alto IDH y el PIB promedio del quintil inferior de los países con consumos eléctricos mayores que 5.000 kWh per cápita-año. Se concluye que el PIB per cápita objetivo de los países para cubrir sus necesidades energéticas insatisfechas y para poder considerarse desarrollados se encuentra comprendido en el margen de entre USD 21.000 y USD 33.000, medido en dólares estadounidenses PPP con base en 2017.

“La mejora de la eficiencia energética y el aumento del uso de energías renovables son dos de las principales acciones que pueden acompañar un proceso de transición energética, ya que se trata de tecnologías o soluciones comprobadas”.

A Utilización de los recursos locales

Los países de la región disponen de recursos energéticos renovables y no renovables en diferentes volúmenes y con diferentes grados de competitividad y potenciales de desarrollo.

La disponibilidad de recursos locales está relacionada con las decisiones históricas en términos de desarrollo del sector energético en cada país y también con las decisiones futuras. En particular, pueden constituir un incentivo eventual (o un freno) para acelerar la transición energética y diversificar las fuentes de suministro energético.

La seguridad energética, desde el punto de vista económico, busca reducir la exposición de la economía de cada país a los sobresaltos de los precios internacionales, la dependencia de las agendas políticas de otros países¹⁷ y el desarrollo de ciertas capacidades locales. Una de las características de la transición a recursos renovables es la reducción de esta exposición a la volatilidad de corto plazo de los precios internacionales. En este sentido, es importante caracterizar la independencia energética de un país y la exposición a la falta de suministro en caso de tensión sobre el suministro.

B Introducción de las tecnologías de transición energética

La mejora de la eficiencia energética y el aumento del uso de energías renovables son dos de las principales acciones que pueden acompañar un proceso de transición energética, ya que se trata de tecnologías o soluciones comprobadas. El aumento del uso de energías renovables para la producción de electricidad es un requisito antes de incentivar la electrificación de usos para el consumo, en particular, en el sector transporte, pero también en los demás sectores. Este aumento debe acompañarse de una ampliación de las infraestructuras, tanto de producción como de transporte y distribución. También es necesario

¹⁷ Por ejemplo, la disminución de las reservas argentinas por decisiones de política energética privó a Chile de gas natural.

analizar la eficiencia energética, ya sea en relación con el consumo final como de las cadenas del sector (eficiencia en la generación, transporte y distribución).

Todos los países de la región y la mayoría de los países en análisis disponen de recursos energéticos renovables con diferentes grados de competitividad. Esta tendencia se presenta en la región que, gracias a la organización de sus mercados eléctricos, ha promovido el ingreso de energías renovables no convencionales, los cinco países en análisis han promovido licitaciones para este tipo de energías.

Adicionalmente, la región presenta grandes recursos hidroeléctricos, alto potencial de desarrollo de biocombustibles e hidrógeno de bajas emisiones. El potencial hidroeléctrico ha sido altamente desarrollado en ALC y, actualmente, es la región con mayor utilización de este tipo de energía en todo el mundo. Los biocombustibles tienen un alto desarrollo en ALC según el tipo de biomasa que se presenta. Por su parte, la extensión y disponibilidad de tierras permite que la región disponga de áreas muy prometedoras para el hidrógeno verde.

Finalmente, el uso eficiente de la energía, medido en términos de aporte a la economía, tiene que mejorar con el tiempo para asegurar una transición energética eficiente.

C Externalidades económicas y creación de empleo

La transición para los países en desarrollo debe:

- limitar las externalidades económicas negativas que pueden estar relacionadas con:
 - desplazamiento de empleos;
 - ausencia de ingresos (sean fiscales o privados) de actividades que dependen del consumo de combustibles fósiles;

- pérdida de uso de activos específicos (*stranded assets*);
- incentivar las externalidades positivas, tales como la creación de empleo relacionada con el desarrollo de nuevas soluciones de transición energética.

En varios países de ALC, las tecnologías de uso de biomasa para el sector transporte (etanol, biodiésel) están muy desarrolladas. Estos biocombustibles, junto con las industrias relacionadas con la alimentación o los desarrollos forestales para pulpa que producen un alto nivel de autogeneración¹⁸, generan una gran cantidad de puestos de trabajo que deben mantenerse. La transición energética (y no energética) debe prever que estos sectores mantengan sus niveles de producción y, si es posible, crezcan en la medida que no generen externalidades medioambientales negativas (en particular, en el uso de la tierra).

El proceso de introducción de las energías renovables en la generación eléctrica es un hecho en muchas de las economías de la región, pero el desarrollo de las industrias locales para la construcción de paneles solares o motores eólicos es limitado¹⁹. Sin embargo, se han desarrollado nuevos negocios asociados a la explotación de la energía distribuida y empresas dedicadas a la operación y mantenimiento de estas centrales renovables. La creación de empleo en estos sectores podría permitir reemplazar los puestos existentes en sectores con externalidades medioambientales.

¹⁸ Café en Brasil y Colombia; maní en Argentina; azúcar en Guatemala, El Salvador, Brasil y Argentina; pulpa en Uruguay, Argentina, Brasil, Chile, etc.

¹⁹ Es importante indicar que el desarrollo de industrias locales no es el objetivo, sino que los países de la región aprovechen la oportunidad de desarrollar negocios en industrias nuevas que les permitan industrializarse.

Aspectos sociales – Reducción de la brecha energética

Una TEJ no puede ocurrir sin, como primer paso, **garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos** para toda la población, reducir las brechas de pobreza energética y reconocer el derecho legítimo de desarrollarse.

A Acceso

Si bien América Latina y el Caribe presenta niveles de acceso a la energía (en particular, la electricidad) relativamente altos (por lo general, superior a 90 o 95% de la población), el consumo promedio es bajo y, en muchos de los países de la región, los hogares siguen consumiendo “fuentes de energía no modernas”, por ejemplo, usan leña como principal combustible para la cocción.

Por otro lado, existe una disparidad significativa en términos de consumo de energía entre hogares y entre países. Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)²⁰, en las economías de mercados emergentes y en desarrollo, el quintil de menores ingresos consume nueve veces menos energía que el de mayores ingresos. La calidad del servicio de los hogares más pobres es también menor. Garantizar un acceso a servicios energéticos equitativos y de calidad es una condición necesaria para reducir la desigualdad y la pobreza, y facilitar el crecimiento.

B Asequibilidad

La asequibilidad es una condición necesaria para un desarrollo socioeconómico en el futuro. La puesta en marcha de medidas para luchar

²⁰ https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/cepal_alc_transicion_energetica.pdf

contra la pobreza energética ayudará a reducir las brechas y lograr una TEJ. Las tarifas deben ser accesibles (posibilidad de tener tarifas sociales para ciertas categorías de población) y, a la vez, permitir recuperar los costos e incentivar un consumo racional de los recursos.

Aspectos ambientales

Una TEJ tiene que estar acompañada de:

- una reducción de las emisiones de CO₂e y
- una limitación de la vulnerabilidad al cambio climático.

A Emisiones y compromisos asumidos

Los procesos de transición energética a nivel nacional e internacional están hoy en día condicionados a cumplimientos ambientales, en particular, en términos de emisiones de CO₂. Los países firmantes del Acuerdo de París se han comprometido a “alcanzar un equilibrio entre las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros en la segunda mitad del siglo”. Como parte del camino para lograr la carbono neutralidad, cada país ha definido sus contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) para el año 2030.

B Externalidades ambientales

El impacto del cambio actual y futuro no es uniforme entre los países. Los países de ingresos bajos tienden a estar más expuestos a los impactos del cambio climático, aunque son responsables de una parte muy limitada de las emisiones totales. Evaluar tanto la ocurrencia de eventos naturales extremos y desastres como la vulnerabilidad de los países facilita la planificación de soluciones para prepararse para enfrentar estas consecuencias.

A la vez, también ayuda a incentivar mayores acciones para luchar contra el cambio climático. Estos indicadores permiten focalizarse en temas de remediación y adaptación.



Financiamiento

El financiamiento puede analizarse desde dos líneas de acción: disponibilidad y costo. Disponer de recursos financieros y reducir el costo de capital son los elementos clave para viabilizar la transición energética justa.

Para disponer de recursos, la transición energética justa tiene que estar acompañada por un aumento de la cooperación internacional y esquemas locales que promuevan la inversión en los aspectos relacionados con la transición energética.

El Acuerdo de París establece, en su artículo 9, la necesidad de que los países desarrollados apoyen financieramente a los países en desarrollo. En particular, los “países desarrollados deberían seguir encabezando los esfuerzos dirigidos a movilizar financiamiento para el clima a partir de una gran variedad de fuentes, instrumentos y cauces, teniendo en cuenta el importante papel de los fondos públicos [...], y teniendo en cuenta las necesidades y prioridades de las Partes que son países en desarrollo. Esa movilización de financiamiento para el clima debería representar una progresión con respecto a los esfuerzos anteriores”.

Aparte de estos aportes financieros potenciales, es primordial que cada país tenga un marco general favorable a la hora de dar financiamiento al sector privado y un costo del capital competitivo²¹ que facilite las inversiones tanto a partir de capital privado local como internacional.

Además, se debe evaluar el tema de la dependencia fiscal/tributaria de las cadenas productivas asociadas a hidrocarburos para evaluar impactos esperados de un proceso de transición energética justa, y remediar los impactos económicos de no explotar recursos locales mediante el desarrollo de otras fuentes fiscales o tributarias relacionadas con los proyectos de transición. Por ejemplo, parte de los presupuestos de países como Colombia y México están financiados por los ingresos de los hidrocarburos.

²¹ En los negocios de infraestructura, altas tasas de costo de capital incentivan estrategias de alto costo de mantenimiento y bajo costo de inversión, es decir, que desincentivan el ingreso de nuevos proyectos. Un bajo costo del capital es una condición necesaria para acelerar la transición energética justa.

2. Indicadores por dimensiones y tópicos



Lista de los indicadores

La tabla 4 presenta la lista de indicadores por dimensiones y tópicos. Cada uno de estos indicadores se describe en el capítulo 4.

Tabla 4

► Dimensiones, tópicos e indicadores potenciales (esquema IESAF)

Dimensiones	Tópicos	Índice	Indicadores potenciales	
I - Aspectos institucionales – Organización del sector	1. Análisis regulatorio e institucional	I-1.1	Normativa y gobernabilidad del sector energético	
		I-1.2	Existencia de estrategias de transición energética	
		I-1.2.bis	Efectividad de las estrategias de transición energética	
	2. Diseño de subsidios, precios y tarifas	I-2.1	Subsidios a los combustibles (% del PIB)	
I-2.2		Gasto total en subsidios (BUSD) y gasto en subsidios para electricidad (BUSD)		
E - Aspectos económicos y energéticos	1. Utilización de los recursos locales	E-1.1	Reservas comprobadas de recursos locales	
		E-1.2	Dependencia de las importaciones netas de energía (%)	
	2. Introducción de las tecnologías de la transición energética	E-2.1	Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía y la generación de electricidad (%)	
		E-2.1bis	Capacidad instalada de generación eléctrica renovable (GW)	
		E-2.2	Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB (TJ/MUSD PPP)	
		E-2.3	Eficiencia de la conversión y distribución de energía (%)	
		E-2.4	Intensidad energética por sector económico (TJ/MUSD PPP)	
		E-2.5	Intensidad energética del sector residencial (TJ/hogar)	
		E-2.6	Penetración de la electricidad en el sector transporte (%)	
		E-2.7	Penetración del gas natural e hidrógeno en el sector transporte (%)	
		3. Externalidades económicas y creación de empleo	E-3.1	Capacidad instalada (GW) y valor de los activos abandonados (MUSD)
			E-3.2	Número de empleados formales asociados a cadenas de valor existentes
			E-3.3	Número de empleos asociados a proyectos de transición energética (miles de puestos de trabajo)

Continúa.

Continuación.

Dimensiones	Tópicos	Índice	Indicadores potenciales
S - Aspectos sociales – Reducción de la brecha energética	1. Acceso	S-1.1	Proporción de la población con acceso a la electricidad
		S-1.2	Proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en tecnologías y combustibles limpios
		S-1.3	Uso de energía per cápita
		S-1.4	Calidad de servicio eléctrico
	2. Asequibilidad	S-2.1	Tarifa final por sector y combustible
		S-2.2	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad, para el total y para el 20% de los hogares más pobres
A - Aspectos ambientales y perfil climático	1. Emisiones y compromisos asumidos	A-1.1	Emisiones totales de GEI por año y por sector (MtCO ₂ e)
		A-1.2	Emisiones totales de GEI por unidad de PIB y per cápita (MtCO ₂ e/MUSD PPP y tCO ₂ e per cápita)
	2. Externalidades ambientales	A-2.1	Número de personas afectadas directamente atribuido a desastres cada 100.000 habitantes
		A-2.2	Vulnerabilidad y preparación para el cambio climático
F - Financiamiento	1. Costo de capital	F-1.1	Costo del endeudamiento del sector privado
		F-2.1	Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos
	2. Flujos financieros en los proyectos energéticos limpios	F-2.1	Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos
		F-2.2	Dependencia fiscal/tributaria de cadenas productivas asociadas a hidrocarburos

Fuente: GME-CAF (julio de 2023).

Como regla general, se plantean indicadores ya existentes para la mayoría de los tópicos de análisis. En el caso de aquellos aspectos para los cuales no existe un indicador construido por terceros, se busca plantear indicadores de bajo costo de construcción o con fuentes que obtengan fácilmente.



Descripción de los indicadores

Organización del sector energético

ASPECTOS INSTITUCIONALES



METAS A CUMPLIR

Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales; promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático.

A

Análisis regulatorio e institucional

Normativa y gobernabilidad del sector energético

- **Definición.** Existencia de normas emitidas por las máximas autoridades en las que se definen los objetivos y los responsables de la política pública relacionada con la transición energética justa.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador I-1.1 permite analizar el alineamiento de las normativas para lograr los objetivos planteados por el Acuerdo de París.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Se realizó conforme a indicadores del Programa de Asistencia a la Gestión del Sector de la Energía (ESMAP) (RISE, por sus siglas en inglés, *Regulatory Indicators for Sustainable Energy*)²², que permiten comparar las políticas nacionales y los marcos regulatorios para la energía sostenible. Estos indicadores cuentan con cuatro componentes.

²² <https://rise.esmap.org/indicators>

- Acceso a la electricidad: cubre aspectos como la existencia de planes de electrificación y su disponibilidad, metas, alcance, asequibilidad, etc.
- Cocina limpia: incluye la existencia de planificación, alcance de esta, capacidad institucional, programas de concientización, programas de etiquetados, incentivos financieros, etc.
- Energía renovable: abarca el marco legal para energías renovables, planes de expansión de estas energías, incentivos y apoyo regulatorio, integración de energías renovables a la red, monitoreo de emisiones, etc.
- Eficiencia energética: incluye planes nacionales de eficiencia energética, instituciones relacionadas, incentivos para los distintos sectores, mecanismos de financiamiento, estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS, por sus siglas en inglés), sistemas de etiquetados, etc.

Existencia de estrategias de transición energética

- **Definición.** Existencia de estrategias de transición energética a largo plazo, NDC, planes detallados, etc.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador I-1.2 permite evaluar la existencia e incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Apoyo en documentos oficiales emitidos por las instituciones pertinentes en cada uno de los países involucrados en el estudio.

Efectividad de las estrategias de transición energética

- **Definición.** Efectividad de las estrategias de transición energética a largo plazo, NDC, planes detallados, etc.

- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador I-1.2bis permite evaluar la incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales, y su impacto potencial en el camino hacia emisiones netas cero.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Apoyo en el indicador del Climate Action Tracker (CAT)²³, que evalúa y califica las acciones climáticas propuestas por cada país, frente al cumplimiento de los NDC y del objetivo de carbono neutralidad en 2050 como:
 - 1 – Críticamente insuficiente
 - 2 – Altamente insuficiente
 - 3 – Insuficiente
 - 4 – Casi suficiente
 - 5 – Compatible con meta 1,5 °C

B

Subsidios, precios y tarifas

Subsidios a los combustibles (% del PIB)

- **Definición.** Subsidios totales recibidos sobre el PIB del país.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador I-2.1 permite evaluar el impacto de los subsidios en la economía nacional. Si bien los subsidios pueden facilitar el acceso a la energía de los hogares más humildes, tienen el defecto de incentivar el consumo y desincentivar la puesta en marcha de medidas de eficiencias energéticas.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El FMI publica una base de subsidios por tipo de combustible, que refleja la participación de los subsidios en el PIB²⁴.

²³ <https://climateactiontracker.org/countries/>

²⁴ <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/08/22/IMF-Fossil-Fuel-Subsidies-Data-2023-Update-537281>

Gasto total en subsidios del sector (BUSD) y gasto en subsidios para electricidad (BUSD)

- **Definición.** Subsidios recibidos totales para el sector energético (incluyendo petróleo, carbón, gas natural y electricidad) y subsidios solamente dedicados al sector eléctrico.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador I-2.2 permite evaluar la inversión que realiza la sociedad en combustibles fósiles y que se puede redirigir a otros usos.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El FMI publica una base de subsidios por tipo de combustible, que refleja los gastos totales que los países realizan en subsidios²⁵.



²⁵ <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2023/08/22/IMF-Fossil-Fuel-Subsidies-Data-2023-Update-537281>

■ ■ ■ ASPECTOS ECONÓMICOS Y ENERGÉTICOS



METAS A CUMPLIR

Aumentar la proporción de energía renovable en el consumo de fuentes energéticas y garantizar la seguridad energética; ampliar la infraestructura, mejorar la eficiencia energética y mejorar la tecnología, y limitar las externalidades económicas negativas.

A

Utilización de los recursos locales

Reservas comprobadas de recursos locales

- **Definición.** Reservas comprobadas por combustibles (en unidad de energía, volumen o peso, según el caso). Se elabora para petróleo, gas natural, carbón mineral y uranio (4 subindicadores).
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-1.1 es un marcador de la independencia energética de cada país y está relacionado con las decisiones pasadas en términos de desarrollo del sector energético.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador publicado por la Secretaría Permanente de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) por fuente, en América Latina y el Caribe (sieLAC²⁶).

²⁶ <https://sielac.olade.org/default.aspx>

Dependencia de las importaciones netas de energía (%)

- **Definición.** Importaciones netas de energía (importación menos exportación) divididas por la oferta total de energía. “Energía” se refiere a la suma de energía primaria y secundaria.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-1.2 permite caracterizar la independencia energética de un país, la exposición a la falta de suministro en caso de tensión sobre el suministro y el incentivo eventual a acelerar su transición energética y a diversificar las fuentes de suministro energético.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** OLADE publica el Índice de dependencia externa de la energía en su sistema de información energética (sieLAC²⁷).

B

Introducción de las tecnologías de transición energética

Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía y la generación de electricidad (%)

- **Definición.** Este indicador se divide en dos subindicadores:
 - el ratio de la energía renovable sobre el consumo final de energía total y
 - el ratio de la generación de electricidad renovable sobre la generación de electricidad total.

Se consideran renovables las siguientes fuentes de energía: hidroeléctrica, biocombustibles sólidos, eólica, solar, biocombustibles líquidos, biogás, geotérmica, marina y residuos.

²⁷ <https://sielac.olade.org/default.aspx>

- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-2.1 permite medir el aumento en el futuro de la cantidad de energía y generación eléctrica renovable y participar de las metas de diversificación; condiciones necesarias para una disminución de las emisiones de CO₂e y una transición energética.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (Objetivos de Desarrollo Sostenible [ODS]) y fue definido por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (ECO13). La proporción de energías renovables en el consumo total de energía puede consultarse en la Base de datos de los ODS (indicador 7.2.1²⁸). Es posible calcular la proporción de energía renovable en la generación de electricidad a partir de información del operador del sistema o información del siELAC (OLADE), entre otros.

Capacidad instalada de generación eléctrica renovable (GW)

- **Definición.** Capacidad instalada de generación eléctrica renovable.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-2.1bis complementa el E-2.1 con datos en términos de infraestructuras y desarrollo del sector a ser comparados con otros países.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS, 7.b.1)²⁹. Esta información es publicada por entidades nacionales con responsabilidad de administración del despacho eléctrico que, en algunos casos, son empresas públicas del sector eléctrico o por el siELAC (OLADE).

²⁸ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=3883

²⁹ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=4289

Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB (TJ/miles de USD PPP 2017)

- **Definición.** Ratio de la energía primaria suministrada sobre el PIB expresado en USD constantes en materia de paridad de poder adquisitivo.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-2.2 es un indicador de la productividad global del país. Su evolución contempla las modificaciones de estructuras económicas de un país y las eventuales mejoras de eficiencia energética.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS, 7.3.1³⁰).

Eficiencia de la conversión y distribución de energía (%)

- **Definición.** Este indicador se divide en dos subindicadores:
 - diferencia entre la energía primaria destinada a un proceso de transformación y la energía secundaria resultante, dividido por la energía primaria;
 - diferencia entre la electricidad generada y la electricidad consumida, dividida por la electricidad generada.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** Los dos subindicadores incluidos en el indicador E-2.3 permiten medir la eficiencia energética de procesos energéticos. El primer subindicador es una medida de la eficiencia en el proceso de producción de energía, mientras que el segundo subindicador estima el nivel de eficiencia en el proceso de transmisión y distribución eléctrica. Tanto la mejora de la eficiencia de procesos como la reducción de pérdidas del sector eléctrico son muy necesarias en un proceso de transición energética.

³⁰ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=3884

- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador definido por el OIEA en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (ECO3). El consumo energético para generación de electricidad proviene del balance energético³¹ y la electricidad generada por combustible de instituciones del mercado eléctrico de los países. El segundo indicador se elabora únicamente con información de los balances de energía publicados por la OLADE.

Intensidad energética por sector económico (TJ/miles de USD)

- **Definición.** Ratio del consumo final por sector sobre el PIB por sector (industria, comercial, agro, pesca y minería). En el sector transporte, se considera el consumo del sector sobre el PIB total de la economía.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-2.4 es un indicador de la productividad de cada sector. Su evolución contempla eventuales mejoras de eficiencia energética o modificación de la estructura por subsector de cada sector.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicadores definidos por el OIEA en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (ECO6, ECO7, ECO8, ECO10). Es un cálculo realizado a partir del balance energético nacional publicado por la OLADE o instituciones nacionales, los datos de PIB publicados en la base de indicadores del Banco Mundial³² (en USD constantes en materia de paridad de poder adquisitivo) y las cuentas nacionales de los países.

Intensidad energética del sector residencial (TJ/1.000 habitantes)

- **Definición.** Ratio del consumo final del sector residencial cada 1.000 habitantes.

³¹ <https://sielac.olade.org/default.aspx>

³² <https://data.worldbank.org/indicator/>

- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-2.5 es un indicador de la mejora de la eficiencia energética residencial o del aumento de los usos energéticos por hogares, que pueden acompañar un crecimiento económico.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador definido por el OIEA en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (ECO9). Es un cálculo realizado a partir del balance energético nacional publicado por la OLADE o instituciones nacionales e información poblacional extraída del Banco Mundial.

Penetración de la electricidad en el sector transporte (%)

- **Definición.** Penetración de la electricidad en el consumo del sector transporte (%).
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-2.6 muestra la sustitución del consumo de hidrocarburos, que es una de las principales fuentes de emisión por electricidad. Permitirá analizar la conveniencia de promover políticas públicas para acelerar esta sustitución.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El balance energético nacional publicado por el sielAC (OLADE) incluye el consumo eléctrico del sector transporte y refleja la evolución agregada del sector (incluyendo transporte carretero de pasajeros y cargas, ferroviario, etc.).
- En el futuro, un indicador más detallado podría ser el de la cantidad de vehículos de transporte carretero privado (motos y automóviles) eléctricos para poner el foco en este segmento del sector transporte. Los datos de las flotas operativas de los países por tipo de vehículo están organizados de diversas maneras; por lo tanto, hoy en día, este indicador sería de difícil construcción.
- En el futuro, un indicador más detallado podría ser el de la cantidad de vehículos asociados al transporte carretero de cargas que consumen gas natural e hidrógeno. Los datos de las flotas operativas de los países están organizados de diversas maneras, con lo cual, hoy en día, este indicador sería de difícil construcción.

“Los indicadores analizados contemplan aspectos institucionales, económicos y energéticos, sociales, ambientales, financieros”.

C Externalidades económicas y creación de empleo

Capacidad instalada (GW) y valor de los activos abandonados (MUSD)

- Definición.** Capacidad instalada de los activos que no se utilizan en un escenario de transición energética (*stranded assets*, en MW) junto con el valor económico perdido de los mismos (en millones de USD constantes en materia de paridad de poder adquisitivo).
- Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-3.1 permite evaluar la pérdida de capital correspondiente a un escenario de transición energética, en el caso de dejar de usar o reducir fuertemente el uso de activos que no han llegado todavía al final de su vida útil.
- Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Este indicador resulta difícil de elaborar si se busca conocer el valor real de los activos abandonados. Asimismo, estos activos reflejan las eficiencias o ineficiencias del inversor. Por este motivo, para simplificar su elaboración, se propone utilizar un indicador de activos abandonados en términos de valores eficientes de las tecnologías a nuevo; es decir, el valor que debería repagarse si estas plantas operasen hasta el final de su vida útil. Para las plantas de generación eléctrica se utilizaría el valor en MW de la tecnología; para las reservas de petróleo o gas, una estimación del valor no explotado, como el precio al momento del abandono por el volumen de petróleo o gas que podría extraerse si se completase un plazo normal de amortización de las vidas útiles residuales. Este indicador deberá ser evaluado en el futuro (valor nulo actualmente).

Número de empleados formales asociado a cadenas de valor existentes

- Definición.** Número de empleados formales asociados a cadenas de valor existentes, por ejemplo, el sector del carbón (incluyendo tanto los empleos relativos a las minas de carbón como los correspondientes a centrales de producción eléctrica).

- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-3.2 permite evaluar la pérdida de empleos eventuales para estimar el impacto social de las medidas de transición energética y asegurar una transición justa, y toma en cuenta la necesidad de formación y reconversión de personas y zonas económicas.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador depende de la disponibilidad de datos de empleo formal en el ámbito nacional por sector y subsector. Este dato está disponible en la mayoría de los países de la región. Sin embargo, es necesario impulsar la apertura de estos datos para los sectores asociados al sector energético en proyectos de energías renovables³³ y proyectos de energías no renovables. Este indicador estará disponible según los resultados que se informen en el *Reporte de Economía y Desarrollo* (RED 2024) de CAF.

Número de empleos asociados a proyectos de transición energética (miles de puestos de trabajo)

- **Definición.** Número de empleados formales asociados a proyectos de transición energética.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador E-3.3 permite evaluar la cantidad de nuevos empleos creados y asociados a proyectos de transición para estimar el impacto social de las medidas de transición energética y asegurar una transición justa.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador depende de la disponibilidad de datos de empleo formal en el ámbito nacional por sector y subsector. Este dato está disponible en la mayoría de los países de la región. Sin embargo, es necesario impulsar la apertura de este para los aspectos de eficiencia energética y energías renovables. La OIT posee estadísticas

³³ Según el país considerado, existe información sobre “empleos verdes”, que contribuyen a preservar y restaurar el medio ambiente, ya sea en los sectores tradicionales o en nuevos sectores emergentes como las energías renovables y la eficiencia energética, por ejemplo en el sitio web de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

generales, pero no abiertas por los segmentos indicados. La IRENA publica empleos del sector de las energías renovables³⁴. Aunque esta información es parcial (no toma en cuenta las demás acciones relacionadas con la TEJ), puede ser una primera aproximación a considerar. Este indicador estará disponible según los resultados que se reporten en el RED 2024.



³⁴ <https://www.irena.org/Data/View-data-by-topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>

Reducción de la brecha energética

ASPECTOS SOCIALES



METAS A CUMPLIR

Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

A

Acceso

Proporción de la población con acceso a la electricidad (%)

- Definición.** Ratio de la cantidad de población con acceso a la electricidad sobre la cantidad total de población. Se considera que una persona tiene acceso a la electricidad si su fuente principal de electricidad es el proveedor de electricidad local, los sistemas solares, las miniredes o los sistemas autónomos.
- Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador S-1.1 es un marcador del acceso a servicios energéticos fiables, modernos y potencialmente limpios (dependiendo de la matriz de generación eléctrica). La electrificación de usos, acompañada del desarrollo de generación eléctrica renovable, es uno de los pilares de la transición energética. Este indicador se puede desglosar en población rural y urbana para identificar de forma más fina las brechas en distribución de electricidad.
- Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador que forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS, 7.1.1³⁵).

³⁵ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=3881

Proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en tecnologías y combustibles limpios (%)

- Definición.** Ratio de la cantidad de población que utiliza tecnologías y combustibles limpios para cocinar, calefacción e iluminación sobre la cantidad total de población. Un combustible es considerado limpio si cumple con ciertas tasas de emisión y criterios de calidad del aire interior, tal como se describe en las normativas de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del aire interior³⁶. En particular, se recomienda no usar el carbón no procesado y el queroseno, y se resalta la importancia de combinar tecnologías adecuadas con combustibles limpios.
- Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador S-1.2 es un marcador del acceso a servicios energéticos fiables, modernos y limpios; requerimiento necesario para una transición energética.
- Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS, 7.1.2³⁷).

Uso de energía per cápita (TJ/1.000 habitantes)

- Definición.** Ratio del consumo final energético nacional anual sobre la cantidad total de población a mitad de año.
- Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador S-1.4 es un indicador del nivel de uso de energía promedio per cápita que puede ser comparado al de países desarrollados. Si bien este indicador engloba factores socioeconómicos específicos de cada país (consumo energético de los sectores productivos, repartición de la población rural/urbana, etc.), puede

³⁶ https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/144310/WHO_FWC_IHE_14.01_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

³⁷ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=3882

ser útil para tener órdenes de magnitud del uso de energía (un valor bajo es muchas veces un marcador de la falta de acceso a servicios energéticos por parte de la población).

- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador definido por el OIEA en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (ECO1). El OIEA no tiene a disposición una base de sus indicadores por país. Sin embargo, este indicador puede calcularse a partir del balance energético nacional (publicación de la OLADE o instituto estadístico nacional) y la población total a mediados de año (publicación del Banco Mundial o instituto estadístico nacional).

Calidad del servicio eléctrico

- **Definición.** La calidad de servicio eléctrico se estima a partir de dos subindicadores: la frecuencia de las interrupciones de servicio eléctrico (SAIFI, por sus siglas en inglés, *System Average Interruption Frequency Index*) y la duración promedio de las interrupciones (SAIDI, por sus siglas en inglés, *System Average Interruption Duration Index*). El SAIFI y el SAIDI se calculan como se indica a continuación:

$$\text{SAIFI} = \frac{\sum \text{usuarios interrumpidos en "n" interrupciones}}{\sum \text{usuarios abastecidos}} \text{ en [interrupciones/usuario-año]}$$

$$\text{SAIDI} = \frac{\sum \text{horas por usuarios interrumpidos en "n" interrupciones}}{\sum \text{usuarios abastecidos}} \text{ en [horas/usuario-año]}$$

- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador S-1.5 es un marcador de la calidad del servicio eléctrico que se puede comparar con los niveles objetivos del país o con los niveles obtenidos en países desarrollados. Una buena calidad de servicio es una condición necesaria del desarrollo económico y tiene que acompañar todo proceso de transición energética.

- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicadores que suelen ser calculados por empresas de distribución eléctrica y agrupados al nivel nacional por instituciones estatales, por ejemplo, la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL) en Brasil, la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios en Colombia, la Comisión Reguladora de Energía en México³⁸, la Osinergmin en Perú, la Superintendencia de Electricidad en República Dominicana³⁹. Por lo general, la información disponible por país solamente permite caracterizar los hogares conectados al sistema público de distribución eléctrica. Faltarían datos sobre hogares que viven en zonas aisladas. La Comisión de Integración Energética Regional (CIER) posee los datos compilados de la región. Publicaciones de otros organismos tienen también información por país (por ejemplo, CAF⁴⁰ o BID⁴¹).

B

Asequibilidad

Tarifa final por sector y combustibles

- **Definición.** Tarifa final por sector (residencial, industrial, comercial) y combustible (electricidad, gas), incluyendo impuestos y subvenciones eventuales. Las tarifas deben reflejar tanto el precio variable como el eventual precio fijo que puede corresponder a abono mensual.

³⁸ https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/683779/RCSSEN_2019_VF.pdf

³⁹ Brasil: <https://antigo.aneel.gov.br/indicadores-coletivos-de-continuidade>
Colombia: <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-de-Calidad-del-Servicio-de-Energia-2021.pdf>

México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/683779/RCSSEN_2019_VF.pdf

Perú: <https://observatorio.osinergmin.gob.pe/saidi-saifi-departamentos>

República Dominicana: <https://sie.gob.do/indicadores-calidad-distribuidoras/>

⁴⁰ <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1980>

⁴¹ <https://publications.iadb.org/es/impacto-de-la-regulacion-en-la-calidad-del-servicio-de-distribucion-de-la-energia-electrica-en>. Para México, se usó el siguiente documento: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/683779/RCSSEN_2019_VF.pdf

- Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador S-2.1 ofrece información sobre la asequibilidad de los servicios energéticos para la población, condición necesaria de un desarrollo socioeconómico en el futuro. Por otro lado, el nivel de precio impacta fuertemente en el consumo final de energía e incentiva (o no) el desarrollo de soluciones de eficiencia energética permitiendo ahorrar energía.
- Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador definido por el OIEA en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (ECO14). El OIEA no tiene a disposición una base de sus indicadores por país. Sin embargo, este indicador se puede estimar a partir de las tarifas finales de electricidad o gas publicadas por las instituciones nacionales o las empresas de comercialización, contabilizando la parte variable y el abono mensual fijo. Las tarifas deben expresarse en USD constantes en materia de paridad de poder adquisitivo para ser comparables entre años y países. En el caso de las empresas eléctricas, la información puede ser adquirida en la CIER. Argus posee tarifas nacionales e internacionales de todos los combustibles. La OLADE publica también informes con datos por países de la región⁴², así como otras fuentes⁴³.

Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad para el total y para el 20% de los hogares más pobres (%)

- Definición.** Gastos energéticos totales (incluyendo combustibles y electricidad) divididos por los ingresos por hogares. Si la información está disponible, este indicador se puede calcular por la población total y por el 20% de los hogares más pobres.
- Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador S-2.2 permite caracterizar la asequibilidad de los servicios energéticos, condición necesaria de un desarrollo socioeconómico en el futuro y de una transición energética justa.

⁴² <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/old0463.pdf>

⁴³ https://www.globalpetrolprices.com/electricity_prices/

A nivel individual, este indicador permite evaluar las situaciones de pobreza energética para los hogares más pobres (cuando el gasto energético es mayor que el 10% de los ingresos del hogar). La utilización del 20% de los hogares más pobres permite visualizar el combate de la pobreza.

- Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Indicador definido por el OIEA en su documento *Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías* (SOC2). El OIEA no tiene a disposición una base de sus indicadores por país. Sin embargo, este indicador se puede estimar a partir de las encuestas de ingresos y gastos de los hogares (EIGH), si estuvieran disponible. Las estadísticas relacionadas con las encuestas de ingresos de hogares son diferentes por país y muchos de los países de la región no poseen una actualización permanente, lo que hará que los datos sean de difícil comparación entre países. De todas formas, este indicador estará disponible según los resultados que se reporten en el RED 2024.



■ ■ ■ ASPECTOS AMBIENTALES

METAS A CUMPLIR

Reducción de las emisiones de CO₂e y vulnerabilidad al cambio climático.

A

 Emisiones

Emisiones totales de GEI por año y por sector (MtCO₂e)

- **Definición.** Emisiones totales de GEI por año y por sector (energía; procesos industriales; agricultura, cambio de uso de suelo y silvicultura; desechos).
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador A-1.1 es un indicador que permite seguir la evolución anual de las emisiones de GEI y ver si se encaminan a cumplir los compromisos nacionales (NDC y Acuerdo de París).
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** El indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS). Sin embargo, en este caso, el dato publicado no incluye las emisiones correspondientes a “cambio de uso de suelo y silvicultura”. Evaluación posible a partir del inventario nacional de emisiones publicado, por lo general, por instituciones nacionales, la UNFCCC o Climate Watch.

Emisiones totales de GEI por unidad de PIB y per cápita (MtCO₂e/MUSD PPP y tCO₂e/cápita)

- **Definición.** Emisiones totales de GEI por unidad de PIB y per cápita. Se trata del indicador I-4.1.1 dividido por el PIB o la población total.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador A-1.2 es un indicador que permite seguir la evolución anual de las emisiones de GEI unitarias y compararlas con otros países (la comparación del monto total es más difícil dadas las diferencias de tamaños relativos de los países).
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Evaluación posible a partir del indicador A-1.1 dividido por el PIB total o la población total, según publicación del Banco Mundial o instituciones nacionales.

B

 Externalidades ambientales

Número de personas afectadas directamente atribuido a desastres cada 100.000 habitantes

- **Definición.** Número de personas afectadas directamente atribuido a desastres cada 100.000 habitantes (tormentas, inundaciones, desplazamientos de masa húmeda, temperaturas extremas, sequías e incendios).
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador A-2.1 es un marcador del impacto nacional del cambio climático, que puede sumar incentivos adicionales en este camino hacia la transición energética.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Este indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS, 13.1⁴⁴). La base de datos también contiene indicadores de impactos económicos tales como daños totales (en millones de USD) y costo de reconstrucción, que también se podrían utilizar.

⁴⁴ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=1837

Vulnerabilidad y preparación para el cambio climático

- **Definición.** El índice ND-GAIN refleja la vulnerabilidad de un país al cambio climático en combinación con su preparación para mejorar la resiliencia. La vulnerabilidad se mide a través de la exposición, la sensibilidad y la capacidad de un país para adaptarse a los efectos negativos del cambio climático. La preparación de un país para mejorar su resiliencia al cambio climático se mide a través de su capacidad para aprovechar las inversiones y convertirlas en acciones de adaptación climática, que depende de factores económicos, sociales y de gobernanza.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador A-2.2 es muy útil a la hora de evaluar la preparación de un país para mejorar su resiliencia al cambio climático.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Es un indicador definido y calculado por la Universidad Notre-Dame en Lille⁴⁵.



⁴⁵ <https://gain.nd.edu/our-work/country-index/>

“La preparación de un país para mejorar su resiliencia al cambio climático se mide por su capacidad para aprovechar las inversiones y convertirlas en acciones de adaptación climática, que depende de factores económicos, sociales y de gobernanza”.

ASPECTOS FINANCIEROS

METAS A CUMPLIR

Aumentar la cooperación internacional y promover la inversión.

A Costo de capital

Costo del endeudamiento del sector privado

- **Definición.** Costo del endeudamiento de empresas de primera línea en mercados locales o a través del sistema bancario.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador F-1.1 permite evaluar la factibilidad del endeudamiento del sector privado en un contexto de grandes necesidades de inversiones para acompañar el proceso de transición energética.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Bancos centrales y mercados bursátiles⁴⁶ publican las tasas preferenciales anuales.

⁴⁶ Fuentes propuestas por país:
 Brasil: <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/txjuros>; Colombia: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/prime>;
 Perú: <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Nota-Semanal/2023/resumen-informativo-2023-08-31.pdf>;
 México: <https://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=C134&locale=es>
 República Dominicana: <https://www.bancentral.gov.do/a/d/2536-sector-monetario-y-financiero>

B Flujos financieros en los proyectos energéticos limpios

Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias y la producción de energía renovable

- **Definición.** Los flujos financieros considerados son los préstamos oficiales, las subvenciones y las inversiones de capital que se destinan a investigar y desarrollar energías limpias y producción de energía renovable, incluidos los sistemas híbridos extraídos del Sistema de Información de Acreedores (SRC, por sus siglas en inglés) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE)/Comité de Ayuda al Desarrollo (CAD).
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador F-2.1 permite seguir el cumplimiento de la meta de aumento de la cooperación internacional.
- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Este indicador forma parte de la Base de datos de los ODS de las Naciones Unidas (ODS, 7.a.1⁴⁷). Las fuentes usadas por los ODS son la OCDE y la IRENA.

Dependencia fiscal/tributaria de las cadenas productivas asociadas a hidrocarburos (%)

- **Definición.** Ratio de los recursos tributarios generados por el sector de los hidrocarburos por los recursos tributarios totales.
- **Utilidad en el marco del proyecto.** El indicador F-2.2 permite evaluar los eventuales frenos hacia la transición energética, en el caso de tener una alta dependencia fiscal/tributaria de cadenas productivas asociadas a hidrocarburos.

⁴⁷ https://agenda2030lac.org/estadisticas/technical-sheet.html?lang=es&indicator_id=4206

- **Disponibilidad de datos y/o elaboración.** Se puede utilizar información del Reporte IDEAL publicado por CAF (gráfico 2.12, p. 65)⁴⁸ y actualizar según los resultados que se reporten en el RED 2024.

3. Actualización de los indicadores

Los indicadores aquí elaborados corresponden a diversas bases de datos que presentan información referida al último año finalizado o a un año anterior, tal como se hace en este reporte.

La actualización de los indicadores debe darse en forma anual y acumulativa a partir de la base de datos que se presenta en este informe.

También se recomienda la construcción de la base de datos hacia años anteriores, con base en el año 2015.

⁴⁸ <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1980>



La tabla 5 contiene los indicadores para los cinco países de la región seleccionados por CAF (Brasil – BRA, Colombia – COL, México - MEX, Perú - PER y República Dominicana – RDO). El año base usado para los indicadores fue 2019, a fin de evitar los efectos del evento de la COVID sobre los indicadores, con excepción de algunos indicadores mencionados en nota a la tabla 5.

Tabla 5 ▶ Indicadores por país para la línea base (2019)

Número	Indicadores potenciales	Unidad	BRA	COL	MEX	PER	RDO
I-1.1	Normativa y gobernabilidad	%	82%	76%	85%	65%	63%
I-1.2	Existencia de estrategias de transición energética		NDC/ Sin política clara	NDC/ Política de transición energética	NDC/ ENTEASE ⁴⁹	NDC/ Hoja de ruta de la transición energética	NDC/ Plan energético nacional
I-1.2.bis	Efectividad de las estrategias de transición	1 a 5 ⁵⁰	3	3	2	3	N/A
I-2.1	Subsidios a los combustibles (% del PIB)	%	3%	8%	8%	5%	12%
I-2.2	Gasto total en subsidios del sector	BUSD	69	34	98	12	13
	Gasto total en subsidios (electricidad)	BUSD	0,0	0,1	3,7	0,0	1,0
E-1.1	Reservas comprobadas, petróleo	Mbbl	12.714	2.041	6.066	345	-
	Reservas comprobadas, gas natural	Gm3	364	90	273	299	-
	Reservas comprobadas, carbón mineral	Mt	6.596	5.912	1.211	7	-
E-1.2	Reservas comprobadas, uranio 10 ⁶ bep	10 ⁶ bep	12.652	-	-	-	-
E-2.1	Dependencia de las importaciones netas de energía (<0% significa exportador neto)	%	-6%	-178%	25%	4%	85%
	Proporción de energía renovable en el consumo final total de energía	%	48%	32%	10%	27%	15%
E-2.1bis	Proporción de energía renovable en la generación de electricidad	%	82%	86%	14%	62%	12%
	Capacidad instalada de generación de energía renovable	GW	144	12	24	6	1
E-2.2	Intensidad energética medida en función de la energía primaria y el PIB	TJ/ MUSD PPP 2017	3,9	2,4	3	2,6	2
E-2.3	Eficiencia de la conversión de energía	%	43%	14%	43%	36%	37%
	Eficiencia de la distribución de energía	%	79%	84%	83%	87%	85%
E-2.4	Intensidad energética por sector (Industrial)	TJ/ MUSD PPP 2017	8,4	3,9	3,6	2,9	2,6
	(Agropecuario, pesca y minería)		2,7	0,7	1,3	1,2	0,5
	(Servicios y comercial)		0,3	0,7	0,1	0,3	0,2
E-2.5	(Transporte)		1,1	0,7	0,8	1,0	0,5
	Intensidad energética del sector residencial	TJ/ 1.000 habitantes	5,3	5,1	6,0	4,9	5,6
E-2.6	Penetración de la electricidad en el sector transporte	%	0,2%	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%
	Penetración del hidrógeno en el sector transporte	%	0%	0%	0%	0%	0%

Continúa.

⁴⁹ Estrategia Nacional de Transición Energética y Sustentable de la Energía

⁵⁰ (1 – poco eficiente a 5 - eficiente)

Continuación.

Número	Indicadores potenciales	Unidad	BRA	COL	MEX	PER	RDO
E-2.7	Penetración del gas natural en el sector transporte	%	2%	3%	3%	15%	19%
	Penetración del hidrógeno en el sector transporte	%	0%	0%	0%	0%	0%
E-3.1	Capacidad instalada de los activos abandonados	GW	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
	Valor de los activos abandonados	MUSD	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
E-3.2	Número de empleados formales asociados a cadenas de valor existentes						
E-3.3	Número de empleos asociados a proyectos de transición energética (miles de puestos de trabajo)		1.272	251	82	13	0
S-1.1	Proporción de la población con acceso a la electricidad	%	100%	99%	100%	96%	99%
S-1.2	Proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en combustibles y tecnologías limpias	%	95% (2013)	92%	85%	82%	91%
S-1.4	Uso de energía per cápita	TJ/1.000 habitantes	43	27	38	27	24
S-1.5	Calidad de servicio eléctrico (SAIDI)	horas/año	17	33	21	32	116
	Calidad de servicio eléctrico (SAIFI)	Interrup./ año	12	34	0,2	15	27
S-2.1	Tarifa final electricidad residencial	USD/MWh	193	158			132
	Tarifa final electricidad residencial	USD/MWh	169	191	99	242	120
	Tarifa final electricidad comercial	USD/MWh	171	143			196
	Tarifa final electricidad de la industria	USD/MWh	182	107			166
S-2.2	Tarifa final LPG residencial	USD/kg	1,3	0,9	0,94 (2018)	1,2	3,4
	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad, para el total y para el 20% de los hogares más pobres	%					
A-1.1	Emisiones totales de GEI por año, total	MtCO ₂ e	1.704	280	558	198	37
	Emisiones de GEI por año, energía	MtCO ₂ e	411	93	491	63	21
	Emisiones de GEI por año, IPPU	MtCO ₂ e	94	10	74	7	2
	Emisiones de GEI por año, agropecuaria	MtCO ₂ e	547	45	98	16	7
	Emisiones de GEI por año, uso de tierras	MtCO ₂ e	564	111	- 159	101	3
	Emisiones de GEI por año, residuos	MtCO ₂ e	89	20	54	10	4
A-1.2	Emisiones totales de GEI por unidad de PIB	tCO ₂ e/ miles de USD PPP 2017	0,5	0,4	0,2	0,5	0,2
	Emisiones totales de GEI per cápita	tCO ₂ e/ habitantes	8,0	5,6	4,5	6,0	3,4
A-2.1	Número de personas afectadas directamente atribuido a desastres cada 100.000 habitantes		210	244	73	623	N/A
A-2.2	Vulnerabilidad y preparación para el cambio climático		58/185	88/185	72/185	90/185	92/185
F-1.1	Costo del endeudamiento del sector privado	%	7,4%	8,5%	8,5%	6,3%	7,8%
F-2.1	Corrientes financieras internacionales hacia los países en desarrollo para apoyar la investigación y el desarrollo de energías limpias	MUSD constantes 2020	506,7	156,7	287,9	1,1	43,9
F-2.2	Dependencia fiscal/tributaria de cadenas productivas asociadas a hidrocarburos	%	3%	12%	30%	6%	0% - NA

Fuente: Elaboración propia a partir de las fuentes descriptas en la sección "Otros conceptos asociados a la transición justa".

Los siguientes indicadores fueron relevados de acuerdo con la última información publicada correspondiente al año 2022.

1. **I-2.1** Proporción de subsidios sobre tarifas del sector (% PIB)
2. **I-2.2** Gasto total en subsidios del sector (BUSD)
3. **S-1.2** Proporción de población que depende principalmente de combustibles y tecnologías limpias para cocinar
4. **E- 3.3** Número de empleos asociados a proyectos de transición energética (miles de puestos de trabajo)
5. **S-1.4** Tarifa final electricidad residencial (USD/MWh)
6. **A-2.2** Vulnerabilidad y preparación para el cambio climático

Los siguientes indicadores fueron relevados de acuerdo con la última información publicada correspondiente al año 2023.

1. **I-1.2.bis** Verificación efectividad de NDC⁵¹
2. **F-1.1** Costo del endeudamiento

⁵¹ <https://climateactiontracker.org/countries/>

Para los indicadores que se presentan a continuación, la última información disponible es anterior a 2019.

1. **Brasil:** proporción de la población cuya fuente primaria de energía consiste en combustibles y tecnologías limpias (2013) y número de personas afectadas directamente atribuido a desastres cada 100.000 habitantes (2017), calidad de servicio eléctrico (SAIDI y SAIFI) según publicación del Banco Interamericano de Desarrollo (BID⁵²).
2. **Colombia:** datos de emisiones (2018), penetración de camiones a GNC y GNL (2018), calidad de servicio eléctrico (SAIDI y SAIFI) según publicación del BID.
3. **México:** penetración de camiones a GNC, GNL y GLP (2017).
4. **Perú:** penetración de camiones a GNC, GNL y GLP (2013), calidad de servicio eléctrico (SAIDI y SAIFI) según publicación del BID.
5. **República Dominicana:** datos de emisiones (2010), penetración de distintos tipos de transporte (2018), calidad de servicio eléctrico (SAIDI y SAIFI) según publicación del BID.

⁵² <https://publications.iadb.org/es/impacto-de-la-regulacion-en-la-calidad-del-servicio-de-distribucion-de-la-energia-electrica-en>. Para México, se usó el siguiente documento: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/683779/RCSSEN_2019_VF.pdf

Trabajos citados

Alvez Dias, P. y otros (2018). *EU coal regions: opportunities and challenges ahead*. Bruselas: Publications Office of the European Union.

CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Río de Janeiro: Naciones Unidas.

Coase, R. H. (octubre de 1960). The Problem of Social Cost. *The Journal of Law and Economics*, 1-44.

 **Hallack, J. A.** (4 de marzo de 2021). *Eficiencia energética en América Latina y el Caribe ¿por qué importa?* (BID, Editor)
Fuente: <https://blogs.iadb.org>: <https://blogs.iadb.org/energia/es/eficiencia-energetica-en-america-latina-y-el-caribe-por-que-importa/>

Khun, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.

López Soto, D. D., Mejdalani, A. N., Nogales, A., Tolmasquim, M., & Carvalho Metanias Hallack, M. (diciembre de 2019). *Avances en el diseño de políticas y marcos regulatorios para las energías renovables en América Latina y el Caribe para la generación distribuida y a escala de la red de distribución eléctrica*. (B. Publications, Ed.) 785.

Ménard, C. (2021). *Hybrids: Where Are We?* Paris, France: Centre d'Economie de la Sorbonne, Université de Paris (Panthéon-Sorbonne).

Morillo Carrillo, J. L., López Soto, D. D., Espinosa Valderrama, M., Cadena, A., & Carvalho Metanias Hallack, M. (2019). *Alineamiento de las políticas energéticas y los compromisos climáticos de los países en Latinoamérica: Una comparación entre las NDC y las trayectorias de emisiones de la generación eléctrica*. Washington: BID.

 **Naciones Unidas - Acción del Clima** (noviembre de 2021). *Naciones Unidas - COP26: Juntos por el planeta*.
Fuente: <https://www.un.org/es/climatechange/cop26>

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Nueva York: Asamblea General de las Naciones Unidas.

OECD. (2021). *Financial Markets and Climate Transition. Opportunities, Challenges and Policy Implications*. París: OECD.

Partnership for Market Readiness. (2022). *Situación y Tendencias de la Fijación de Precios de Carbono 2021*. Washington: Banco Mundial.

Pigou, A. (1932). *The Economics of Welfare, 4ta Edición*. Londres: MacMillan & Co.

 **PNUD.** (2023). *UNDP*.
Fuente: <https://www.undp.org/energy/our-work-areas/energy-transition>

Quirós-Tortós, J., Rodríguez-Arce, M., Víctor-Gallardo, L. F., Paniagua, J. A., Boodoo, C., & Duncan, V. (2022). *¿Es el gas natural una buena inversión para ALC?* En UNEP. Nueva York: UNEP.

Raimi, D. (2017). *Decommissioning US Power Plants: Decisions, Costs, and Key Issues*. Washington: Resources for the Future.

Samaniego, J. y. (2019). *Panorama de las contribuciones determinadas a nivel nacional en América Latina y el Caribe*. Santiago: CEPAL.

 **World Energy Council and Oliver Wyman.** (2021). *World Energy Trilemma Index 2021*.
Fuente: <https://www.worldenergy.org>: <https://www.worldenergy.org/transition-toolkit/world-energy-trilemma-index>

