



# TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL FOGÕES E CHUVEIROS NA AMÉRICA LATINA

RESUMEN EJECUTIVO  
**TRANSICIÓN ENERGÉTICA  
RESIDENCIAL, DATOS Y  
POLÍTICAS PARA EL CAMBIO**

## BRASIL

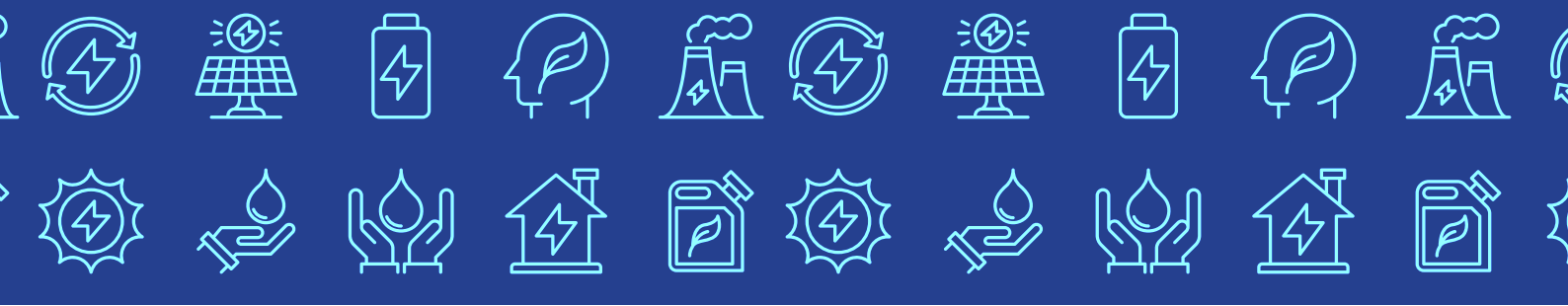


UNA INICIATIVA DE:



IMPLEMENTADO POR:





## CRÉDITOS

### **Transición Energética Residencial, datos y políticas para el cambio BRASIL**

El proyecto "TRANSICIÓN ENERGÉTICA A NIVEL RESIDENCIAL: Electrificación de estufas y cocinas en América Latina" es una iniciativa del Global Methane Hub implementada en tres países de la región: Colombia, Chile y Brasil, por la Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA), en colaboración con EBP Chile, EBP Brasil, Stanford University, Universidad de São Paulo, Universidad Mayor de Chile y Universidad de los Andes en Colombia.

#### **CONTENIDO:**

Los contenidos presentados en este documento, fueron desarrollados gracias al apoyo de: EBP Chile, Universidad Mayor de Chile.

#### **AUTORES:**

Franco Morales, EBP Chile

Paula Lelis

Paola Valencia, EBP Chile

Enrico Freire, EBP Brasil

Maria de Fátima Andrade, Universidad de São Paulo, Brasil.

Eduardo Landulfo, Universidad de São Paulo, Brasil.

Tailine Corrêa dos Santos, Universidad de São Paulo, Brasil.

Elaine Cristina Araujo, Universidad de São Paulo, Brasil.

Thais Andrade da Silva, Universidad de São Paulo, Brasil.

#### **DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:**

Unidad de Comunicación y Gestión del Conocimiento - Fundación Futuro Latinoamericano

#### **FOTOGRAFÍAS:**

Libres de derecho

#### **FUNDACIÓN FUTURO LATINOAMERICANO INTERNACIONAL**


Boulevard Oeste, Santa María Business District

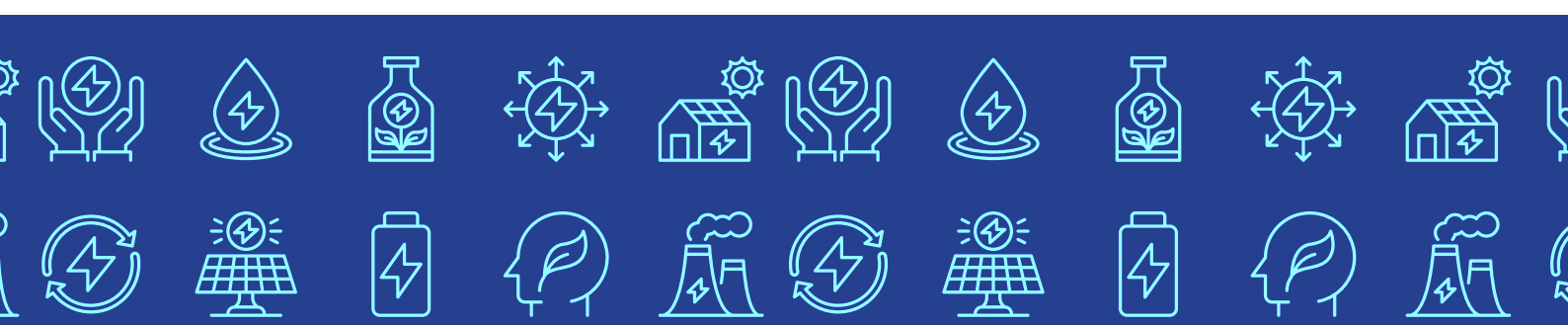
Ciudad de Panamá - Panamá

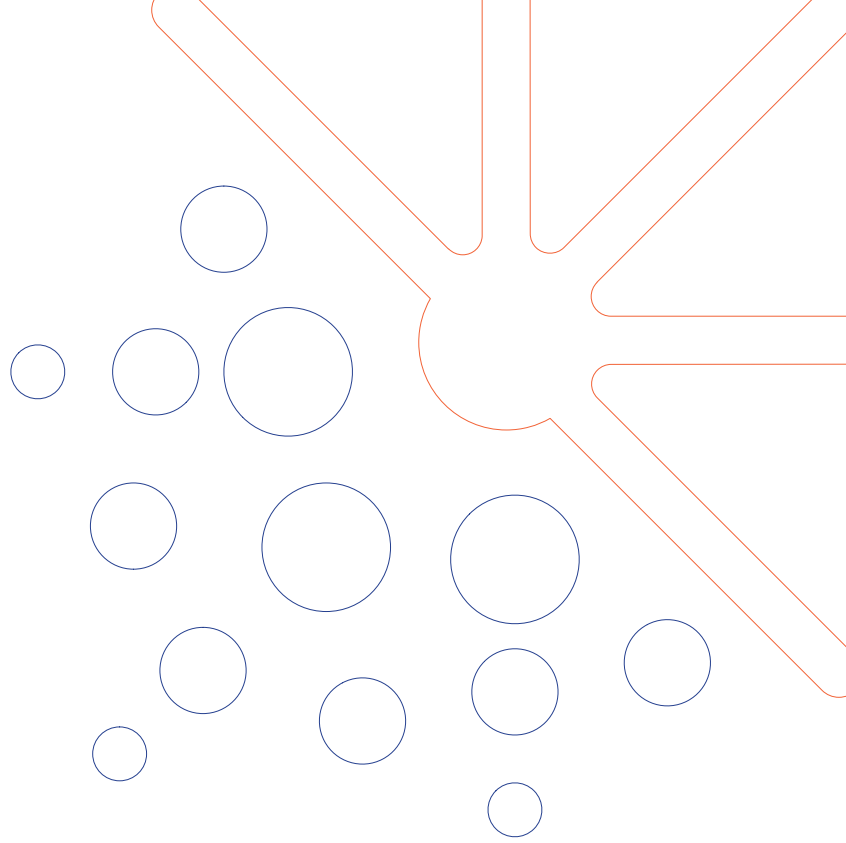
(593) 98 548 3035

<https://www.ffla.net/es/>

Primera Edición, Febrero 2025

Creative Commons:  Este informe está distribuido bajo la Licencia Creative Commons, su contenido puede ser utilizado, compartido y adaptado siempre que se cite a la fuente: EBP Chile, Universidad Mayor de Chile, Universidad de los Andes en Colombia, Universidad de Sao Paulo, EBP Brasil, & Fundación Futuro Latinoamericano. (2024). *Estado actual: Electrificación a nivel residencial en Brasil, Chile y Colombia*. Unidad de Comunicación y Gestión del Conocimiento - Fundación Futuro Latinoamericano.





**TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO  
SETOR RESIDENCIAL FOGÕES E  
CHUVEIROS NA AMÉRICA LATINA**

RESUMEN EJECUTIVO

**TRANSIÇÃO ENERGÉTICA RESIDENCIAL,  
DATOS Y POLÍTICAS PARA EL CAMBIO  
BRASIL**

## **ANTECEDENTES**

# **TRANSIÇÃO ENERGÉTICA A NIVEL RESIDENCIAL: COCCIÓN Y CALEFACCIÓN EN AMÉRICA LATINA**



Las viviendas en el sur global frecuentemente utilizan electrodomésticos a base de combustibles fósiles y biomasa, los cuales son una fuente importante de GEI, afectan la calidad del aire interior y están asociados con un aumento de enfermedades respiratorias.

Es importante que los gobiernos promuevan estrategias y políticas nacionales que fomenten la electrificación así como una matriz de generación limpia que reduzca gradualmente la dependencia de los combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero.

El proyecto "Transición Energética a Nivel Residencial: Electrificación de Estufas y Cocinas en América Latina" tiene como objetivo promover la adopción de programas en América Latina que faciliten la transición energética a nivel residencial. Busca reducir las emisiones contaminantes y mejorar la salud y el bienestar de las personas.

Es una iniciativa del Global Methane Hub, implementada en tres países de la región: Colombia, Chile y Brasil, a través de la Fundación Futuro Latinoamericano (FFLA), en colaboración con EBP Chile, EBP Brasil, Stanford University, Universidad de São Paulo, Universidad Mayor de Chile y Universidad de los Andes en Colombia.

## CONTAMINANTES

El uso de combustibles fósiles en usos finales residenciales, como es el caso del uso de gas natural residencial, es una fuente importante de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) durante la combustión. El metano ( $\text{CH}_4$ ), por su parte, se puede producir en pequeñas cantidades durante la combustión debido a la combustión incompleta de los hidrocarburos en el combustible. Su tasa de emisión depende fuertemente de la temperatura de la caldera o la estufa.

Actualmente se estima que el aumento de la concentración atmosférica de metano ( $\text{CH}_4$ ) contribuye con el 35% del calentamiento planetario total asociado con los gases de efecto invernadero (GEI) antropogénicos, convirtiéndolo, tras el  $\text{CO}_2$ , en el segundo principal impulsor del cambio climático antropogénico (IPCC AR6 2023). El metano, con un tiempo de vida atmosférico de 11.2 años, se considera un contaminante climático de vida corta. Sin embargo, y a pesar de su corta vida atmosférica, el  $\text{CH}_4$  tiene un alto potencial de calentamiento global, 28 veces mayor que el del  $\text{CO}_2$ . Estas características hacen que controlar las emisiones de metano sea un paso imperativo para limitar el calentamiento global en el corto plazo: si esas emisiones pueden reducirse rápidamente, las concentraciones atmosféricas deberían disminuir poco después (en una escala de décadas, no de siglos), y también lo hará el calentamiento que causa. Sin una rápida reducción de las emisiones globales de metano, no es factible cumplir los objetivos del Acuerdo de París de limitar el aumento de la temperatura global.

Si bien se cree que la contribución de la quema de combustibles a las emisiones globales de metano es menor, el IPCC estima que la incertidumbre en dichas emisiones es muy alta. La razón para dicha incertidumbre **es que existen pocas mediciones directas de las tasas de emisión, por lo que esfuerzos para determinarlas experimentalmente puede ayudar a desarrollar factores de emisión más confiables.**



Desde el punto de vista del impacto sobre la calidad del aire intramural por el uso de gas natural en cocción residencial ha sido poco estudiado, pues la mayoría de los esfuerzos en ese sentido se han dedicado a entender las emisiones de combustibles sólidos.

Pocos estudios se han centrado en estimar las tasas de emisión de óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ), y monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ). Ambos compuestos son contaminantes del aire asociados a múltiples efectos negativos sobre la salud. Adicionalmente, es de interés la medición de benceno producto de la combustión de las cocinas a gas, dado que existe poca evidencia a nivel global (Kashtan et al., 2023; Lebel et al., 2022 y Kashtan et al., 2024) y no existía evidencia a nivel de Latinoamérica. Niveles bajos (700 a 3,000 ppm) pueden producir letargo, mareo, aceleración del latido del corazón, dolor de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento. En la mayoría de los casos, los efectos desaparecerán cuando la exposición termina y la persona empieza a respirar aire fresco.



## CONTAMINACIÓN INTRADOMICILIARIA

Las personas pasan hasta el 90% de su vida en espacios interiores y el 60% de ese tiempo en casa (Vardoulakis et al., 2019). Aunque no son la única fuente de contaminación intradomiciliaria, las estufas de gas son una fuente importante, ya que durante su uso emiten una variedad de contaminantes que pueden afectar la calidad del aire en el hogar y, en consecuencia, la salud de las personas.

La exposición aguda a altos niveles de contaminantes puede tener efectos graves en la salud. El metano, a concentraciones elevadas en espacios cerrados, puede desplazar el oxígeno, provocando asfixia, problemas de visión, náuseas y vómitos. El dióxido de carbono, entre 1,000 y 2,000 ppm, causa somnolencia y malestar por la calidad del aire, mientras que entre 2,000 y 5,000 ppm genera dolores de cabeza,

pérdida de atención y aumento de la frecuencia cardíaca; exposiciones superiores a 30,000 ppm pueden resultar en mareos, aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.

El monóxido de carbono (CO) es altamente tóxico, incluso a bajas concentraciones, y puede interferir con la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, causando síntomas como dolores de cabeza, mareos, fatiga, y en casos graves, pérdida de conciencia y muerte. El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) puede irritar los ojos, nariz y garganta, y en niveles más altos, llevar a edema pulmonar, una acumulación peligrosa de líquido en los pulmones. Por último, el benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) puede provocar mareos, dolores de cabeza, somnolencia, confusión y, en casos extremos, pérdida de conciencia.

## MEDICIONES

El proyecto de monitoreo consiste en determinar experimentalmente las tasas de emisión de gases asociados a la combustión de gas natural en cocinas residenciales, tales como; metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) y monóxido de carbono (CO) en tres países Brasil, Colombia y Chile. Este monitoreo es muy relevante dado que no existe registro de parte de estos gases producto de uso doméstico en Latinoamérica.

En el caso de Latinoamérica no existe registro de parte de estos gases producto de uso doméstico, y por tanto, las mediciones directas que se realizan en este proyecto serán una fuente clave para cuantificar las emisiones, de estos gases, asociadas a cocinas residenciales. Las mediciones se distribuirán de la siguiente manera:



### Alcance del proyecto

PAÍS	CANTIDAD DE VIVIENDAS/CIUDAD	GASES A MONITOREAR
CHILE	30 en Santiago	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO, y C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
	15 en Temuco	
BRASIL	30 en São Paulo	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>
COLOMBIA	20 en Bogotá	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , CO







Las emisiones atmosféricas por la utilización de cocinas a gas natural pueden generarse ya sea por fugas (pequeñas fallas en las válvulas o empaques que permiten se escape el gas natural sin quemar), o bien como producto de la combustión.

Con el propósito de cuantificar estas emisiones en diversas ciudades de Latinoamérica de forma precisa y reproducible, se conformó un equipo de expertos en monitoreo de contaminantes globales y locales de la Universidad de Stanford (USA), Universidad Mayor (Chile), Universidad de los Andes (Colombia) y la Universidad de São Paulo (Brasil).

Con el respaldo de instituciones de carácter y experiencia internacional en el desarrollo de proyectos asociados a sostenibilidad y cambio climático en el entorno construido, como son la consultora EBP Chile y la Fundación Futuro Latinoamericano.





## LA COMPETITIVIDAD COMPARADA

Para medir el avance de la electrificación, es clave comparar la disponibilidad y el costo de diferentes tecnologías y fuentes de energía. Estas varían según el acceso a la tecnología, las necesidades de climatización y las tradiciones de cada país.

Se generó en el marco de este estudio una homologación simple para poder comparar tecnologías. Se basa en un análisis de mercado, a nivel muy estimativo.

### CALEFACCIÓN

El único país, entre los analizados, en el que la calefacción es relevante es Chile. En los otros países la climatización es básicamente para la generación de frío. En Chile, la diversidad geográfica y climática determina las tecnologías de calefacción: En el norte se usan calefactores eléctricos y bombas de calor para noches frías. En el centro,

calderas y estufas a gas natural y a parafina son comunes en áreas urbanas y en el sur, las tecnologías de calefacción típicamente incluyen estufas a leña, pellets de madera y sistemas de calefacción individual a gas licuado y calefacción central como calderas.

En Colombia si bien existe una baja demanda por calefacción, la oferta incluye equipos a gas (natural o GLP) y eléctricos. Los primeros tienen la ventaja de operar a costos relativamente reducidos en comparación con los calefactores eléctricos. La calefacción central es muy poco usada.

Los costos de inversión son muy variados, pudiendo igualar costos de inversión entre calefactores a gas, leña (pellets) y electricidad. Se generó en el marco de este estudio una homologación simple para poder comparar tecnologías. La siguiente tabla refleja los costos de inversión, así como los costos de operación para los casos de Colombia y Chile, que son los países más relevantes en términos de calefacción.

## Costo de inversión y operación de equipos de calefacción

TECNOLOGÍA DE CALEFACCIÓN	COSTOS	CHILE	COLOMBIA
<b>CHIMENEA GAS NATURAL</b>	Inversión (USD)	\$143- \$344	\$945 - \$1.539
	Operación (USD/kWh)	\$0,305	\$0,075
<b>CALEFACTOR A GAS LICUADO</b>	Inversión (USD)	\$65 - \$118	\$595 - \$932
	Operación (USD/kWh)	\$0,308	\$0,119
<b>CALEFACTOR ELÉCTRICO</b>	Inversión (USD)	\$11- \$215	\$11 - \$19
	Operación (USD/kWh)	\$0,164	\$ 0,217
<b>CALEFACTOR CERTIFICADO A LEÑA</b>	Inversión (USD)	\$183- \$430	-
	Operación (USD/kWh)	\$0,054	-
<b>CALEFACTOR PELLET DE MADERA</b>	Inversión (USD)	\$538 - \$2.441	-
	Operación (USD/kWh)	\$0,097	-
<b>CALEFACTOR A PARAFINA</b>	Inversión (USD)	\$54 - \$538	-
	Operación (USD/kWh)	\$0,226	-
<b>AIRE ACONDICIONADO</b> (TIPO: INVERTER, VENTANA, CENTRAL Y/O SPLIT)	Inversión (USD)	\$215 - \$1.022	\$212 - \$896
	Operación (USD/kWh)	\$0,047	\$ 0,068
<b>BOMBA DE CALOR*</b>	Inversión (USD)	\$2.300 - \$4.500	\$850 - \$1.091
	Operación (USD/kWh)	\$0,036	\$0,052

*Fuente:* Elaboración propia en base a datos de mercado, diversas tecnologías.

\* Las bombas de calor en el mercado tienen tamaños mínimos del orden de 9kW de capacidad, por lo que su uso se limita a viviendas grandes. Los rendimientos de las bombas de calor en el mercado chileno son superiores a las del mercado colombiano.

**Notas:**

- Los costos de operación de la Tabla indican los costos de la energía útil. Esto es, el cociente entre el costo del energético y el rendimiento del equipo.
- Los costos de los energéticos considerados para determinar los costos de operación de los equipos, se obtuvieron de los distintos pliegos tarifarios de cada país, para las tarifas más comunes.

## COCCIÓN

En Brasil, Colombia y Chile no hay una tendencia clara hacia una tecnología específica para cocinar:

- ▶ Predominan las cocinas a gas y leña. Este último energético sigue siendo relevante en zonas rurales de los tres países y en el sur de Chile.
- ▶ La electricidad se usa como complemento en electrodomésticos como microondas y hornos.
- ▶ La parafina y el biogás son opciones menos comunes, con el biogás como alternativa sostenible aún poco difundida.

- ▶ Las estufas que funcionan con electricidad, tanto de resistencia como de inducción, son energéticamente eficientes.

Los costos de inversión son muy variados, pudiendo igualar costos de inversión entre cocinas a gas, leña y electricidad, cuando estas últimas son de resistencia, no de inducción.

Se generó en el marco de este estudio una homologación simple para poder comparar tecnologías. La siguiente tabla refleja los costos de inversión, así como los costos de operación para cada uno de los tres países.

### Costo de inversión en equipos de cocción

TECNOLOGÍA DE COCCIÓN	COSTO CHILE (USD)	COSTO COLOMBIA (USD)	COSTO BRASIL (USD)
COCINA ELÉCTRICA (4 QUEMADORES) RESISTENCIA	\$ 198 - \$ 878	\$ 260 - \$ 267	\$ 257 - \$ 330
COCINA ELÉCTRICA (4 QUEMADORES) INDUCCIÓN	\$ 1.250 - \$ 5.000	\$ 377 - \$ 1.073	\$ 257 - \$ 518
COCINA A GAS (4 QUEMADORES)	\$ 134 - \$ 1.750	\$ 105 - \$ 234	\$ 324 - \$ 493
COCINA A LEÑA	\$ 561 - \$ 3.750	\$ 364 - \$ 469	\$ 366 - \$ 1.224

Fuente: Elaboración propia con base a consultas en mercados páginas web.

### Costo de energéticos en equipos de cocción

TECNOLOGÍA DE COCCIÓN	COSTO CHILE (USD/kWh)	COSTO COLOMBIA (USD/kWh)	COSTO BRASIL (USD/kWh)
COCINA ELÉCTRICA INDUCCIÓN	0,167	0,241	0,129
COCINA ELÉCTRICA RESISTENCIA	0,231	0,334	0,179
COCINA A GAS NATURAL	0,310	0,083	0,213
COCINA A GAS LICUADO	0,224	0,094	0,167
COCINA A LEÑA	0,051	0,0308	0,057

Fuente: Elaboración propia con base en el mercado.

La tecnología eléctrica más avanzada para cocinar son las estufas eléctricas de inducción, sin embargo, hay barreras tecnológicas en los tres países:

- ▶ Un mercado muy incipiente y por lo tanto aún bastante costosa en términos de inversión.
- ▶ Las configuraciones de estas estufas requieren conexión a 220 V. La mayoría de los hogares de Colombia tienen conexión a 120 V, a diferencia de Chile que utiliza 220 V, y Brasil que usa 127/220 V. Realizar la modificación para cambiar el nivel de tensión en Colombia no resulta sencilla.
- ▶ El hecho de tener que comprar también la batería de ollas que deben tener una base ferromagnética.



## POLÍTICAS PÚBLICAS PARA PROMOVER **LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA** EN EL SECTOR RESIDENCIAL

En Brasil, Chile y Colombia, existen marcos políticos y estratégicos que influyen en la transición energética residencial. Aunque los enfoques varían según los contextos y la disponibilidad de recursos energéticos, se pueden identificar elementos comunes y desafíos relevantes.

### POLÍTICAS E INSTRUMENTOS EXISTENTES PARA IMPULSAR LA TRANSICIÓN

- ▶ **Cambio climático:** Chile destaca con un marco robusto de políticas y estrategias, como su Estrategia de Cambio Climático de Largo Plazo, que menciona la electrificación residencial como una medida para reducir emisiones de GEI.
- ▶ **Energías renovables no convencionales:** En Chile, se promueve activamente su adopción, mientras que en Brasil

y Colombia la generación renovable se concentra en hidroeléctricas convencionales.

- ▶ **Acceso a electricidad:** Tanto en Chile como en Brasil, más del 99% de la población tiene acceso a electricidad, reflejando avances significativos en este ámbito.
- ▶ **Eficiencia energética:** Los tres países cuentan con programas de etiquetado energético y planes de reemplazo de artefactos eléctricos, además de políticas de descontaminación orientadas al uso de leña, con un enfoque particular en Chile y Colombia.

En los tres países existe una amplia variedad de instrumentos específicos que impactan directamente la transición energética a nivel residencial. Este estudio recopiló y revisó aproximadamente 30 instrumentos en Chile, 20 en Colombia y 25 en Brasil.

## LA NECESIDAD DE **ELIMINAR LOS FRENOS AL CAMBIO**

El desafío no es trivial considerando variables de contexto como lo son los subsidios al



gas (en el caso de Chile más limitados a la Región de Magallanes), sistemas eléctricos no normalizados, la falta de internalización de externalidades, la falta de conocimiento e información sobre las distintas alternativas energéticas, y aspectos culturales que favorecen por ejemplo el uso de la leña.

Hoy los principales frenos al cambio son:

- ▶ Existencia de subsidios a combustibles fósiles dificultan la transición.
- ▶ No existe un costo por las externalidades ambientales producidas por la leña y los combustibles fósiles en la salud de las personas y la calidad del aire de las ciudades.
- ▶ Programas de recambio de estufas y cocinas a leña se centran principalmente en aparatos más eficientes a gas o leña (incluidos subsidios al gas), sin priorizar aquellas alternativas eléctricas.
- ▶ Impuestos al carbono - cuando existen en los tres países - han dejado fuera los consumos residenciales, centrándose en industrias y vehículos contaminantes, o excluyendo en su aplicación el gas.



La transición hacia un sistema energético más limpio requiere la implementación simultánea de una diversidad de instrumentos complementarios que generen sinergias entre sí. En Chile, Colombia y Brasil, se han propuesto 20, 15 y 8 instrumentos respectivamente. Algunos de estos actúan como habilitadores, como la regularización y mejoramiento de instalaciones eléctricas en viviendas, mientras que otros buscan fomentar la inversión en tecnologías limpias y modernizar la infraestructura energética.

A continuación se ofrecen detalles sobre las políticas e instrumentos existentes, así como los instrumentos propuestos, por país.





# ESTUDIO DE CASO BRASIL







## CONTEXTO

El contexto de Brasil se analiza en base a variables que permiten entender la situación actual de la transición energética residencial.

### CLIMA:

Tiene variaciones climáticas básicamente repartidas en tres zonas: seco, templado y tropical, siendo ésta última la más predominante, representando el 81% del territorio del país.

### CONTEXTO SOCIOECONÓMICO:

El poder adquisitivo puede determinar la inversión residencial en artefactos eléctricos. En Brasil, la clasificación socioeconómica se basa en seis tramos: A, B1, B2, C1, C2 y DE; donde los tramos del C1 al DE, con una renta promedio mensual inferior a USD. 709, representan al 69% de la población.

## OFERTA Y DEMANDA ENERGÉTICA

Para entender los niveles de electrificación residencial, es importante entender el contexto general de los energéticos, tanto la oferta de energéticos como la demanda de éstos. La relevancia del sector residencial en la demanda energética y también la importancia de la transformación en este sector.

## ENERGÍAS RENOVABLES Y FACTORES DE EMISIÓN

El nivel de energías renovables en la matriz eléctrica, su tendencia histórica y proyectada es definitorio para la cantidad de emisiones implicada en los procesos de la transición a la electrificación.



El factor de emisión de la energía eléctrica en Brasil es de 0,0385 tCO<sub>2</sub>eq/MWh. La entrada de fuentes limpias de generación de energía eléctrica en el sistema interconectado, así como el escenario hídrico favorable, contribuyeron para que se lograra este récord en los últimos 10 años.

La capacidad instalada de generación eléctrica en Brasil a partir de fuentes renovables se eleva en unos 140.000 MW, siendo la fuente de energía principal la hidroeléctrica y contando con aportes de otras fuentes renovables térmicas, eólicas y en menor medida, nucleares y solares.

Las generadoras hidroeléctricas representan en torno al 70% de toda la generación del sistema, mientras que la eólica representó el 15%. De acuerdo a datos de la Empresa de Pesquisa Energética de Brasil, durante el año 2022 un 84,8% de la energía eléctrica generada en Brasil es de origen renovable. Esto presenta una oportunidad importante para la descarbonización del uso de energía a nivel nacional.

## CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA DEL SECTOR RESIDENCIAL

La demanda energética del sector residencial es del 11% del total nacional. La información del informe resumen del Balance Energético Brasileño para 2020 destaca las diversas fuentes de consumo de energía en los entornos residenciales de todo el país, destacando el predominio de la electricidad con un 46%, en la totalidad de las instalaciones del hogar. Sin embargo, la dependencia de otros combustibles como la leña (26,6%), el gas licuado de petróleo (GLP) (24,4%) y el gas natural (GN) con un 1,5% varía significativamente según la región (EPE, 2020).

El consumo de electricidad en el sector residencial ha presentado un aumento sostenido en las tasas de consumo. En los últimos 10 años, ha aumentado en un 32,3% y se estima que incremente hasta en un 53% para el año 2032.

El uso final del consumo de energía en el sector residencial es para la cocción de alimentos, seguido por el calentamiento de agua y conservación de alimentos.

## CARACTERIZACIÓN DE COCCIÓN Y CLIMATIZACIÓN

Para la cocción de alimentos se utiliza como energético principal el Gas Licuado de Petróleo (GLP), reflejando su amplia disponibilidad y asequibilidad en regiones urbanas y rurales.

Cerca de un 95% de las viviendas tienen artefactos a gas para cocinar, mientras que el uso de aparatos eléctricos para cocción (esto incluye microondas y hornos eléctricos) pasó de un 5% a un 70% entre los años 2005 y 2021.

Si bien el uso de GN para cocinar sigue siendo limitado en São Paulo, su adopción está aumentando debido a la expansión de la infraestructura de gasoductos en áreas urbanas. Esta tendencia posiciona al GN como un componente emergente en la matriz energética de Brasil, aunque el país aún está rezagado con respecto a otras naciones latinoamericanas en cuanto a su penetración.

La transición hacia tecnologías de cocina más limpias, como las estufas eléctricas, presenta tanto oportunidades como desafíos. El IPCC destaca que estos cambios podrían reducir significativamente las emisiones de metano, un componente clave del gas natural y un potente gas de efecto invernadero (GEI). La adopción de estufas eléctricas en Brasil podría generar una reducción importante en las emisiones a nivel residencial debido al bajo factor de emisión de su red eléctrica. Sin embargo, la viabilidad financiera de esta transición es incierta para los hogares de bajos ingresos debido a los altos costos iniciales y los gastos operativos asociados con las estufas eléctricas.





El clima de Brasil permite que no se cuenten con sistemas exclusivos de calefacción de espacios, sino que se utilicen sistemas de climatización que proveen el servicio de calefacción y enfriamiento en el mismo equipo, para lo cual la fuente principal de energía es electricidad.

## CARACTERIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS

La electrificación de los hogares y artefactos requiere viviendas con instalaciones eléctricas formalizadas y regularizadas. De acuerdo a los datos del Censo, existe un total de 90.7 millones de viviendas en Brasil, de las cuales 59.6 millones (82%) corresponden a casas; 10.7 millones (14%) corresponden a departamentos.

El nivel de informalidad es alto en Brasil, según un estudio del Consejo de Arquitectura y Urbanismo del Distrito Federal, sólo el 14% de viviendas utiliza métodos formales para el diseño de viviendas nuevas o de ampliaciones.





## CONTEXTO

# EMISIONES EN BRASIL

Las emisiones de Brasil totalizaron 1.467 Tg CO<sub>2</sub>e, siendo el CO<sub>2</sub> el GEI más emitido. El sector agrícola contribuyó con el 33,2% de las emisiones totales, el sector energético con el 28,9% y el sector UTCUTS con el 27,1%. El IPPU y los residuos aportaron porciones más pequeñas de emisiones, representando el 6,4% y el 4,5%, respectivamente.

## ESTADO

# ELECTRIFICACIÓN: NIVEL DE ACCESO Y CALIDAD DEL SERVICIO

Para mayor electrificación a nivel residencial, lo fundamental es que haya altos niveles de acceso a electricidad.

De acuerdo al Censo Nacional de Brasil, existe un 99,7% de electrificación de viviendas al año 2015. Para el sector rural de Brasil el acceso a la electricidad durante el año 2022 fue de un 97% de la población.

La calidad del acceso a la electricidad es relevante para entender el nivel de preparación para la electrificación. En Brasil hay una evolución favorable en la cual, el promedio de duración de interrupciones eléctricas y la frecuencia de interrupciones muestran una tendencia a la baja desde el año 2009, año en el que se implementó la medición. Sin embargo, aún se encuentra lejos de los estándares promedios de los países OCDE, de 1,3 de horas de interrupción con una frecuencia de 0,9 veces (IEA, 2018).

## EMISIONES GLOBALES DEL SECTOR RESIDENCIAL

El sector residencial en Brasil genera el 13% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (medidas en CO<sub>2</sub>) a nivel nacional en Brasil. Dentro de este valor, la mayor fuente de emisiones en las viviendas se debe a la cocción de alimentos, siendo diez veces mayor al uso que le sigue de calentamiento de agua. El cálculo de las emisiones de Metano (CH<sub>4</sub>) desagregados por uso final reafirma a la cocción de alimentos como la principal fuente de emisiones, donde la leña se posiciona como el mayor contaminante.

## TECNOLOGÍAS Y COSTOS

Para evaluar el avance de la electrificación es esencial mirar la disponibilidad y los costos comparados de las distintas tecnologías y energéticos.

## CLIMATIZACIÓN

La climatización de ambientes a nivel residencial representa el 10% del consumo de energía a nivel residencial. Las demandas de climatización son mayormente asociadas a enfriamiento de espacios y en muy menor medida se usa calefacción. Los costos de los energéticos utilizados para la climatización varían según el tipo de energía y la tecnología empleada. A continuación, se detallan algunos de los principales costos asociados a diferentes fuentes y sistemas de climatización:

Costo de operación de equipos de climatización

ENERGÉTICO	COSTOS ENERGÉTICOS (USD/kWh)
GLP	0,11
GN	0,13
LEÑA	0,04
ELECTRICIDAD	0,12

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado - datos muy estimativos en base a un breve levantamiento de información de mercado, junio 2024.

## COCCIÓN

En Brasil la tecnología más preponderante para cocción siguen siendo las cocinas a gas.

A nivel general hay que considerar que los costos de inversión son muy variados, pudiendo igualar costos de inversión entre cocinas a gas, leña y electricidad, cuando estas últimas son de resistencia, no de inducción.

Se generó en el marco de este estudio una homologación simple para poder comparar costos. La siguiente tabla refleja los costos de inversión en tecnologías, así como los costos de operación según energéticos: abajo refleja los costos de inversión, así como los costos de operación para Brasil.



Costo de inversión y operación de equipos de cocción

TECNOLOGÍA DE COCCIÓN	COSTOS	RANGO DE COSTOS
<b>COCINA ELÉCTRICA</b> (4 QUEMADORES) <b>RESISTENCIA</b>	Inversión (USD)	\$257 - \$330
	Operación (USD/kWh)	0,179
<b>COCINA ELÉCTRICA</b> (4 QUEMADORES) <b>INDUCCIÓN</b>	Inversión (USD)	\$257 - \$518
	Operación (USD/kWh)	0,129
<b>COCINA A GAS</b> (4 QUEMADORES)	Inversión (USD)	\$324 - \$493
	Operación (USD/kWh)	Gas Natural: 0,213 Gas Licuado: 0,167
<b>COCINA A LEÑA</b>	Inversión (USD)	\$ 366 - \$1.224
	Operación (USD/kWh)	0,057

Fuente: Elaboración propia en base a datos de mercado



# MEDICIONES

## DESAFÍOS DE CONTAMINACIÓN INTRADOMICILIARIA EN BRASIL EN BASE A LAS MEDICIONES

### OBSERVACIONES EN SERIES TEMPORALES

**E**l análisis de series temporales de mediciones de gases producto de cocción de alimentos con gas natural, resalta distintos comportamientos de respuesta de los gases  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  en condiciones de ambiente cerrado. Para el gas natural (GN) y el gas licuado de petróleo (GLP), las concentraciones de gases como  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  muestran respuestas significativas en ambientes cerrados, mientras que su presencia en condiciones ambientales es muy baja.

Al comparar GN y GLP, las concentraciones de  $\text{CH}_4$  presentan diferencias sustanciales. Los hogares que usan GN muestran niveles más altos de  $\text{CH}_4$  de manera constante, aunque las concentraciones permanecen muy por debajo del límite inferior de explosividad de 50.000 ppm establecido por la Asociación Nacional

de Protección contra Incendios (NFPA). Por otro lado, las concentraciones de  $\text{CO}_2$  varían entre hogares, pero muestran tendencias similares entre GN y GLP, probablemente debido a factores incontrolados como los tipos de dispositivos y las condiciones operativas.

Mientras tanto, los valores de  $\text{NO}_2$  a veces superan el límite recomendado por la OMS de 106 ppb para exposiciones de 1 hora, incluso antes de encender las estufas (St\_OFF). Esto puede estar asociado con el principal problema de contaminación en São Paulo: las emisiones vehiculares.

### VARIABILIDAD EN LAS CONCENTRACIONES

El estudio analiza con mayor detalle el comportamiento de la concentración de gases en diferentes ciclos operativos:





- ▶ **CH<sub>4</sub>:** Los hogares que usan GN muestran un claro aumento en los niveles de CH<sub>4</sub> durante los ciclos de operación, mientras que en los hogares con GLP las concentraciones se mantienen cercanas a los niveles ambientales, reflejando una respuesta mínima.
- ▶ **CO<sub>2</sub>:** Se observa variabilidad entre los ciclos y dentro de cada uno, principalmente vinculada a la actividad de los quemadores de la estufa. En algunos casos, los niveles elevados de CO<sub>2</sub> en el Ciclo 2 resaltan la influencia de la cocina en la calidad del aire.
- ▶ **NO:** Los hogares con GN presentan concentraciones más altas de NO que los hogares con GLP, aunque esta diferencia no se refleja en el NO<sub>2</sub>, cuyos niveles se mantienen elevados en ambos combustibles.

- ▶ **NO<sub>2</sub>:** En todos los ciclos, las concentraciones de NO<sub>2</sub> superan las recomendaciones de la OMS, lo que subraya el riesgo potencial asociado con la combustión de combustibles en el hogar.

En general, el Ciclo 4 (condiciones ambientales) registró las concentraciones más bajas de gases para todos los compuestos y combustibles, reafirmando la importancia de una ventilación adecuada para reducir la exposición a contaminantes en interiores.

[Los detalles de la metodología seguida para las mediciones en Brasil, se encuentran en el Informe de Mediciones de Brasil.](#)



## CONTRIBUCIONES A LAS EMISIONES NACIONALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

### PERSPECTIVAS SOBRE LOS FACTORES DE EMISIÓN

El estudio ofrece información clave sobre las emisiones de metano asociadas con las prácticas de cocina residencial, destacando diferencias entre los hogares que utilizan gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) como fuente de energía. Los hogares que dependen de GN demostraron mayores emisiones de metano en comparación con aquellos que usan GLP. Este hallazgo subraya la importancia de considerar el tipo de combustible al evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el sector residencial.

Los hallazgos también evidencian la escasez de datos estadísticos sólidos sobre emisiones residenciales en Brasil, como señala el SEEG (Sistema de Estimaciones de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero). Esta falta de datos representa una barrera

importante para comprender y abordar el impacto del consumo de energía residencial en las emisiones de GEI. Superar esta brecha mediante investigación y recopilación de datos específicos es esencial para desarrollar políticas y estrategias efectivas que mitiguen las emisiones residenciales, especialmente a medida que el uso de GN continúa en expansión.

El inventario de gases de efecto invernadero de Brasil utiliza factores de emisión de metano (GLP = 1.1 kg/TJ, GN = 1 kg/TJ) inferiores a los valores del IPCC (5 kg/TJ para ambos). Las mediciones del estudio mostraron emisiones de GN de 14.58 kg/TJ (excluyendo valores atípicos) y 48.92 kg/TJ (considerando todos los datos), superando en gran medida los factores nacionales (49 veces) y del IPCC (9.8 veces).

En el caso del GLP, las emisiones promedio fueron de 1.60 kg/TJ, 1.45 veces más altas que los valores nacionales y 0.32 veces más altas que las estimaciones del IPCC.

El factor de emisión de CO<sub>2</sub> obtenido fue aproximadamente de 20,000 kg/TJ para GN y 14,000 kg/TJ para GLP. Para NO<sub>2</sub>, la emisión fue de 0.29 kg/TJ para GN y de 0.46 kg/TJ (sin valores atípicos) y 1.3 kg/TJ (con todos los datos) para GLP.





## IMPACTOS A LA SALUD ESTIMADOS EN BASE A LAS MEDICIONES

Desde una perspectiva de salud, los hallazgos indican que, en general, las concentraciones de contaminantes se mantienen dentro de los umbrales de seguridad bajo condiciones operativas estándar:

- ▶ **CO<sub>2</sub>**: Generalmente por debajo del límite de 2.000 ppm establecido por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), con algunas excepciones durante el Ciclo 2.
- ▶ **NO**: Las concentraciones se mantienen dentro de los límites recomendados de exposición (RELs) del NIOSH, con un promedio ponderado en el tiempo (TWA) de 25 ppm durante operaciones normales.

- ▶ **NO<sub>2</sub>**: A pesar de superar los valores recomendados por la OMS, las concentraciones de NO<sub>2</sub> permanecen por debajo del límite REL de exposición a corto plazo (ST) de 1 ppm establecido por el NIOSH para entornos ocupacionales.

Sin embargo, la ausencia de legislación que establezca estándares para la calidad del aire en interiores impide un análisis objetivo del impacto potencial de estas concentraciones en la salud de los habitantes. Además, la calidad del aire urbano en São Paulo está fuertemente influenciada por las emisiones de NO<sub>x</sub> relacionadas con el tráfico, lo que agrava la exposición de base a estos contaminantes.



# POLÍTICAS

## E INSTRUMENTOS EXISTENTES PARA IMPULSAR LA TRANSICIÓN EN BRASIL

### POLÍTICA, PLANES Y LEYES MARCO

**D**esde hace al menos dos décadas, Brasil cuenta con programas de Eficiencia Energética reconocidos internacionalmente: el Programa Nacional de Conservación de Energía Eléctrica (PROCEL), el Programa Nacional de Racionalización del Uso de Derivados del Petróleo y del Gas Natural (CONPET) y la Junta Brasileña de Etiquetado (PBE).

A continuación, se presenta una breve cronología sobre las políticas e instrumentos que han promovido la eficiencia energética en Brasil:

- ▶ **El 24 de julio de 2000 fue promulgada la Ley N° 9.991**, que regula la inversión obligatoria en programas de eficiencia energética de uso final por parte de las empresas distribuidoras de electricidad brasileñas. La Ley consolidó la asignación de una importante cantidad de recursos para acciones de Eficiencia Energética, el llamado Programa de Eficiencia Energética de las Concesionarias de Distribución Eléctrica (PEE).
- ▶ **En 2005, la Agencia Nacional de Energía Eléctrica (ANEEL)** estableció la orientación de al menos el 50% de los recursos de este programa hacia el uso

eficiente de la energía entre consumidores residenciales de bajos ingresos (adaptación de instalaciones eléctricas internas en viviendas, donaciones de equipos eficientes, entre otros).

- ▶ **En 2010 se promulgó la Ley N° 12.212**, que modificó el porcentaje destinado a los consumidores de bajos ingresos. A través de esta Ley, los concesionarios y licenciatarios de distribución de energía eléctrica deberán invertir al menos el 60% de los recursos de sus programas de eficiencia energética en unidades consumidoras beneficiarias de la Tarifa Social.

Respecto a la operacionalización de los programas e iniciativas de eficiencia energética actualmente vigentes en el país, corresponde al MME, como formulador de políticas energéticas, establecer: niveles máximos de consumo energético específico, o niveles mínimos de eficiencia energética, de los equipos consumidores de energía y de los dispositivos fabricados o comercializados en el país, con base en indicadores técnicos pertinentes, y desarrollar mecanismos que promuevan la eficiencia energética en las edificaciones construidas (Ley no 10.295/01); Coordinar las acciones del PROCEL y CONPET; regular la aplicación de la Ley no 10.295/01, a través del Comité de Gestión de Indicadores y Niveles de Eficiencia Energética (CGIEE), que es responsable de elaborar normas y planes de



objetivos específicos para cada tipo de aparatos y máquinas que consumen energía; establecer comités técnicos, entre otras funciones.

## INSTRUMENTOS

A continuación se indica de modo referencial un listado de los instrumentos existentes que facilitan el proceso de electrificación de usos finales en el sector residencial:

### INSTRUMENTOS DE INFORMACIÓN Y ORIENTACIÓN

- ▶ Índices Mínimos de Eficiencia Energética (MEPS)
- ▶ Programa Brasileiro de Etiquetado (PBE) – Etiqueta Nacional de Conservación de Energía – PBE Edifica.
- ▶ Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL)
- ▶ Programa Nacional de Racionalización del Uso de los derivados de petróleo y de gas natural CONPET
- ▶ Programa de Eficiencia Energética (Ley 9.991 / 2000)
- ▶ Plan Nacional de Eficiencia Energética (PNEf)

### ACCESO A LA ELECTRIFICACIÓN RESIDENCIAL

- ▶ Decreto No 4.873/2003 (revocado 2019). Decreto 11.628/2023. Minha Casa Minha Vida Decreto 12.084/2024. Programa Luz Para Todos

### INTEGRACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA MATRIZ RESIDENCIAL

- ▶ Programa de Desarrollo Energético de Estados y Municipios – PRODEEM (Decreto de 27 de diciembre de 1994 – Presidencia de la República)
- ▶ Programa Nacional Metano Cero (ordenanza 71/2022)

### INSTRUMENTO FINANCIERO

- ▶ Convenio ICMS 101/97 para la exención de impuestos en las operaciones con equipos y componentes para el aprovechamiento de la energía solar y eólica
- ▶ Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (Ley N° 12.114, de de 2009, Decreto N° 9.578, de 2018, modificado por Decreto N° 11.549, de 2023.)

### SUBSIDIO

- ▶ Proinfra (Ley no 10.438, de 2002)

### INSTRUMENTO ECONÓMICO

- ▶ Resolução Normativa ANEEL no 482/2012 (Revocada por Resolução Normativa ANEEL no 1.059/2023)

[En la Tabla No. 2 del Informe de Políticas de Brasil, se describen estos instrumentos, sus ámbitos de aplicación e impactos.](#)



## DESAFIOS ALREDEDOR DE LAS POLÍTICAS E **INSTRUMENTOS EXISTENTES PARA IMPULSAR LA TRANSICION** **¿QUÉ ESTÁ IMPIDIENDO LOS CAMBIOS?**

Un desafío importante para la electrificación en Brasil es la potencial competencia que tiene con el biogás como energético para usos residenciales. Brasil es un líder a nivel mundial en el uso de biocombustibles, contando desde 1975 con el programa de combustible comercial renovable más importante en el mundo. Este éxito puede sentar un precedente para favorecer alternativas de uso de biocombustibles por sobre la electrificación de los usos finales en el sector residencial y, de hecho, en los lineamientos de la NDC se menciona el uso de biocombustibles como solución para descarbonizar la cocción en el sector residencial. En Brasil existe un gran potencial para incorporar biometano en las redes de

gas natural, lo que podría resultar en una alternativa atractiva frente a la electrificación.

Otro reto importante a resolver es la percepción final del usuario sobre la estabilidad del suministro eléctrico. Los usuarios ven como fundamental poder contar con abastecimiento de electricidad para funciones básicas como cocina y climatización de recintos, sin importar las condiciones climáticas. Durante el mes de octubre de 2024, debido a una emergencia climática, hubo un apagón que dejó a entre 2 y 3 millones de personas sin suministro eléctrico, el cual no fue restablecido plenamente hasta 6 días después. A esto se suma un apagón del año 2023, por el cual se multó a la empresa distribuidora por unos 29 millones de dólares y se ordenó a la distribuidora el tomar medidas para evitar un apagón generalizado.

Por último, un potencial desafío que puede enfrentar la electrificación a nivel residencial, son los estímulos a la industria nacional que se entregan para equipos que son ensamblados localmente, o que presentan ciertos componentes fabricados a nivel nacional. Esto significa que se prioriza la utilización de equipos de fabricación nacional que podrían tener un menor rendimiento que equipos importados.



## PROPUESTAS PARA HABILITAR (Y ACELERAR) LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA RESIDENCIAL EN BRASIL / ¿QUÉ CAMBIOS NECESITAMOS?

Luego de la evaluación del marco regulatorio y normativo que pudiera influir en la electrificación de los usos energéticos a nivel residencial, se establecen grandes tópicos que tienen un potencial de ser modificados para lograr una mayor tasa de electrificación para los usos residenciales, los que se presentan a continuación:

- ▶ Se requieren **incentivos** para lograr una reducción del precio de energía eléctrica en comparación a otros energéticos. Esto se puede lograr a través de sistemas tarifarios flexibles, ajustes en los sistemas de subsidios y otras herramientas.
- ▶ Existen tecnologías de muy alta eficiencia **para la generación de agua caliente sanitaria**, con un nivel de madurez comercial suficiente para poder considerar su promoción para la electrificación y descarbonización de los usos residenciales.
- ▶ Actualmente existen **subsidios** a la energía eléctrica para los sectores de menores recursos. En ocasiones, estos subsidios podrían significar un desincentivo al uso eficiente de la energía, ya que los sectores de medios y altos recursos evitan el uso de electricidad debido a que tiene mayores costos (asociados a que indirectamente el subsidio se financia a través de mayores tarifas eléctricas), mientras que en los sectores que reciben el subsidio, podría ocurrir el efecto opuesto en donde los bajos costos le incentivan a no usar la energía de manera racional.
- ▶ Brasil cuenta con Objetivos de Mitigación Nacional declarados en su NDC en donde se comprometen a promover el reemplazo de combustibles fósiles a través de la promoción, desarrollo y uso de **biocombustibles** sustentables y soluciones de electrificación. Sin embargo, parece no haber una definición clara de las situaciones en las que se optará por una o la otra solución. Se propone que existan instancias (planes sectoriales por ejemplo) en donde se definan de manera mucho más clara bajo qué condiciones se optará por electrificación y/o uso de biocombustibles.
- ▶ Debido a eventos recientes, existe la percepción de inestabilidad de suministro eléctrico. Esta percepción podría entorpecer el fomento a la electrificación de usos finales de la energía que se consideran esenciales, como la cocción. Es por esto necesario tomar medidas que apunten a un fortalecimiento de la red de distribución, o a una mejor capacidad de respuesta ante eventos naturales.





En base a esta detección de brechas y oportunidades, a través de este estudio se proponen distintos instrumentos para hacer frente a las brechas, o para aprovechar las oportunidades que existen para la electrificación. Las propuestas fueron presentadas a actores relevantes del sector energético en Brasil<sup>1</sup> y a partir de dicho espacio de socialización, se priorizaron medidas como:

- ▶ Desarrollo de una Estrategia para la electrificación residencial en Brasil.
- ▶ Desarrollo de Instrumentos Financieros -como créditos verdes- para el fomento de la adquisición de tecnologías que permitan desplazar los consumos en horario punta.

- ▶ Normativa para exigencias mínimas de edificaciones "full electric" o edificaciones listas para "full electric" ("full electric ready").
- ▶ Establecer tarifas eléctricas con componente horaria a nivel residencial.
- ▶ Extender alcance etiquetado energético (PBE) a equipos que ayuden a la electrificación residencial, como bombas de calor para agua caliente sanitaria, climatización y cocinas eléctricas.
- ▶ Disminución gradual de la potencia requerida para poder optar a mercado no regulado de electricidad, hasta un mínimo de 300 kW.
- ▶ Fomento a la oferta para modernizar el parque de aires acondicionados (etiquetado energético).
- ▶ Incorporar nuevas medidas para asegurar que las empresas distribuidoras de energía presenten mejores tiempos de respuesta ante eventos catastróficos. Asignar recursos para una adecuada fiscalización de las medidas existentes (y las potenciales nuevas medidas) que apuntan al aseguramiento del suministro eléctrico.

Las propuestas específicas y los impactos esperados se describen en la tercera tabla del Informe de políticas de Brasil.



1. Representantes del Ministerio de Minas y Energía, de la Empresa de Pesquisa Energética, de ANEEL, distintas Universidades, Electrobras, y otras instituciones como Clima e Sociedade, la cooperación alemana (GIZ) y el instituto E+ Energía.









# TRANSIÇÃO ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL FOGÕES E CHUVEIROS NA AMÉRICA LATINA

UMA INICIATIVA DE:



IMPLEMENTADO POR:

