

Evaluación de medidas de eficiencia energética en Argentina. Un enfoque de insumo-producto

Matías Harari
María Priscila Ramos
Carlos Romero



Autores

Matías Harari

matias.harari@gmail.com

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Buenos Aires, Argentina.
CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP). Buenos Aires, Argentina.

María Priscila Ramos

mpramos@economicas.uba.ar

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Buenos Aires, Argentina.
CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP). Buenos Aires, Argentina.

Carlos Romero

carlos.adrian.romero@gmail.com

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Económicas. Buenos Aires, Argentina.
CONICET-Universidad de Buenos Aires. Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP). Buenos Aires, Argentina.

Como citar:

Harari, M., Ramos, M.P. y Romero, C. (2022). Evaluación de medidas de eficiencia energética en Argentina. Un enfoque de insumo-producto. Serie Documentos de Trabajo del IIEP, 77, 1-36. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/DT-IIEP/article/view/2638>

Los Documentos de Trabajo del IIEP reflejan avances de investigaciones realizadas en el Instituto y se publican con acuerdo de la Comisión de Publicaciones. Los autores son responsables de las opiniones expresadas en los documentos.

Coordinación editorial

Ed. Hebe Dato

Corrección de estilo

Ariana Lay y Ed. Hebe Dato

Diseño

DG. Vanesa Sangoi

El Instituto Interdisciplinario de Economía Política IIEP UBA CONICET, reconoce a los autores de los artículos de la Serie de Documentos de Trabajo del IIEP la propiedad de sus derechos patrimoniales para disponer de su obra, publicarla, traducirla, adaptarla y reproducirla en cualquier forma. (Según el art. 2, Ley 11.723).



Esta es una obra bajo Licencia Creative Commons
Se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartir Igual 4.0 Internacional.

Evaluación de medidas de eficiencia energética en Argentina. Un enfoque de insumo-producto.

Eficiencia energética
Argentina
Modelo Insumo-Producto
Triple Dividendo

Argentina se encuentra comprometida a alcanzar la meta absoluta de 349 MtCO₂eq en 2030. En este contexto y con miras a una recuperación económica, ¿podrían las medidas de eficiencia energética y sustitución de combustibles fósiles ser socialmente inclusivas y ambientalmente sostenibles? Este trabajo se propone cuantificar el impacto sobre la producción, el empleo y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de cinco políticas y/o metas concretas de eficiencia energética: la instalación de 1000 MW (a 2030) de potencia de generación eléctrica distribuida a partir de fuentes renovables (paneles fotovoltaicos); la aceleración de las metas de sustitución de los parques de iluminación por lámparas LED (100% LED residencial en 2025 y 74% LED en alumbrado público a 2029) y del recambio de electrodomésticos (3 millones de heladeras y 1,5 millones de lavarropas ineficientes por equipos de eficiencia energética clase A). Para ello se ha desarrollado un modelo insumo-producto calibrado para la Argentina en 2017 (38 sectores), desglosando los escenarios de simulación en tres etapas: (i) la inversión en infraestructura o el gasto necesario para implementar la medida, (ii) la mejora de eficiencia energética o la sustitución de energía fósil y, por último, (iii) el efecto rebote en la economía por una potencial baja en el gasto de la factura energética e impulso de la demanda de otros bienes y servicios. Los resultados muestran el alcance de un triple dividendo (socioeconómicos y ambientales) de todo el paquete de medidas y a nivel agregado, reduciendo las emisiones en 5,27 MtCO₂eq (11,56% de las reducciones necesarias para alcanzar la meta 2030), creando 34.800 nuevos puestos de trabajo e incrementando el valor de producción en 0,24% en comparación con un escenario business-as-usual. No obstante, los impactos sectoriales sugieren la necesidad de medidas compensatorias para los sectores más afectados (generación y distribución de energía de origen fósil).

Evaluation of energy efficiency measures in Argentina. An input-output approach

Energy efficiency
Argentina
Input-output model
Triple dividend

Argentina is committed to reaching the absolute goal of 349 MtCO₂eq in 2030. In this context and with a view to economic recovery, could energy efficiency and fossil fuel substitution measures be socially inclusive and environmentally sustainable? This paper aims to quantify the impact on production, employment and greenhouse gas (GHG) emissions of five specific energy efficiency policies and/or goals: the installation of 1000 MW (by 2030) of power generation distributed from renewable sources (photovoltaic panels); the acceleration of the goals of replacing lighting parks with LED lamps (100% residential LED in 2025 and 74% LED in public lighting by 2029) and the replacement of household appliances (3 million refrigerators and 1.5 million inefficient washing machines for class A energy efficiency equipment). For this, a calibrated input-output model has been developed for Argentina in 2017 (38 sectors), breaking down the simulation scenarios into three stages: (i) investment in infrastructure or the expense necessary to implement the measure, (ii) the improvement of energy efficiency or the substitution of fossil energy and, finally, (iii) the rebound effect in the economy due to a potential drop in the cost of the energy bill and a boost in the demand for other goods and services. The results show the scope of a triple dividend (socioeconomic and environmental) of the entire package of measures and at the aggregate level, reducing emissions by 5.27 MtCO₂eq (11.56% of the reductions necessary to reach the 2030 goal), creating 34,800 new jobs and increasing the value of production by 0.24% compared to a business-as-usual scenario. However, the sectoral impacts suggest the need for compensatory measures for the most affected (generation and distribution of energy of fossil origin).

JEL CODE JEL codes: Q42, Q48, O54, C67.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado para el Banco Mundial. Los autores desean agradecer los aportes y comentarios recibidos de Lucía Spinelli, Florencia Balastro y Mariana Conte Grand; así como de los funcionarios de la Secretaría de Energía de la Nación que contribuyeron con información y discusiones en el marco del estudio.

Índice

6	1. Introducción	<hr/>
8	2. Contexto	<hr/>
13	3. Metodología	<hr/>
18	4. Escenarios	<hr/>
25	5. Resultados	<hr/>
31	6. Conclusiones	<hr/>
33	Referencias	<hr/>
35	Anexo	<hr/>

1. Introducción

En los últimos años Argentina ha demostrado su preocupación e interés proactivo con respecto a la necesidad de tomar medidas para controlar el incremento de la temperatura global y minimizar los costos que el cambio climático genera sobre el bienestar de la población. En 2016 se presentó la primera Contribución Determinada Nacional (NDC, por sus siglas en inglés) con el objetivo de alcanzar la meta absoluta de 483 millones de toneladas equivalentes de dióxido de carbono (MtCO₂eq) de emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) a 2030. En 2020, Argentina presentó su segunda NDC, mejorando dicha meta y comprometiéndose a alcanzar, como máximo, 359 MtCO₂eq de emisiones de GEI, que posteriormente ajustó a 349 MtCO₂eq durante la Cumbre de Líderes sobre el Clima en abril de 2021.

En la actualidad, Argentina se encuentra avanzando mediante diferentes estrategias para la elaboración, actualización y adecuación de planes nacionales que se relacionan de manera directa con las acciones frente al cambio climático. Algunas de dichas estrategias, muchas veces transversales entre sí, se refieren al consumo y producción sostenible, al empleo verde y a la economía circular. Para poder llevar adelante las medidas que se van delineando en torno a reducir el impacto sobre el ambiente, y en particular, sobre el cambio climático, Argentina dispone de una ley de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global (Ley N° 27.520 de 2019). Esta Ley autoriza a destinar parte de su presupuesto hacia estas acciones, en particular cumpliendo con cuestiones expresadas en la última NDC, tales como la equidad, la igualdad de género, la innovación y la inversión en infraestructura para mejorar la adaptación de las personas más expuestas a las consecuencias del cambio del clima.

El trabajo interministerial e interdisciplinario del Gabinete Nacional de Cambio Climático resultó en la elaboración de cuatro planes para el monitoreo y cumplimiento de las NDC: i) el Plan Nacional de Respuesta al Cambio Climático, ii) el Plan Nacional de Mitigación, iii) el Plan Nacional de Adaptación y iv) los Planes de Acción Nacionales Sectoriales de Cambio Climático (Energía, Agro, Transporte, Industria, Salud, Infraestructura y Bosques). Estos planes marcan la ruta para el alcance de la meta absoluta de reducción de emisiones de GEI a 2030, teniendo en cuenta un desarrollo cada vez menos intensivo en emisiones y reduciendo la vulnerabilidad y el riesgo de las comunidades y los ecosistemas.

Los objetivos de la política energética priorizan en general tres aspectos: reducción de emisiones de GEI, mayor seguridad energética y disminución de la pobreza energética. Como parte de las políticas energéticas se encuentran las dirigidas a incentivar la eficiencia energética y el desarrollo de energías limpias. En particular, el concepto de recursos energéticos distribuidos (DER, por sus siglas en inglés) engloba estos dos tipos de medidas (OECD-IEA, 2002; Oliva, 2017), las cuales implican cambios en el sector energético de manera directa (*e. g.*, cambiando la estructura de la oferta hacia renovables) o indirecta (*e. g.*, medidas de eficiencia energética que afectan su demanda). La eficiencia energética está contemplada por la meta 7.3 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y se promueve para reducir el consumo de energía de diferentes agentes como hogares, gobierno e industrias. Por su parte, la meta 7.2 de los ODS establece aumentar sustancialmente la proporción de energías limpias en el mix energético global.

La reconversión productiva hacia actividades y técnicas más limpias transforma la matriz de producción, desencadenando impactos sobre la creación, destrucción y reconversión de empleos. En este sentido, para que esta transición verde sea una transición justa, es necesario

adelantarse a esos posibles impactos y estudiar los efectos inmediatos y a mediano plazo de las políticas compatibles con el cumplimiento de los compromisos asumidos para la protección del ambiente.

En este documento se estima el impacto de inversiones en recursos energéticos distribuidos sobre el producto, el empleo y las emisiones de GEI. Estas políticas no son de costo cero y pueden generar impactos negativos durante la transición, especialmente en el sector energético. La comprensión y cuantificación de las medidas estudiadas permitirá discernir su aplicabilidad y la potencial necesidad de acciones suplementarias para compensar posibles efectos adversos en el mediano y largo plazo.

Se consideran cinco políticas y/o metas concretas: la instalación de 1000 MW (a 2030) de potencia de generación eléctrica distribuida a partir de fuentes renovables (paneles fotovoltaicos); la aceleración de las metas de sustitución de los parques de iluminación por lámparas LED: a) residencial (100% LED en 2025) y de b) alumbrado público (74% LED y 26% Sodio de alta presión de nueva tecnología, en 2029) y el recambio de electrodomésticos con 100% de financiamiento: a) 3 millones de heladeras y 1,5 millones de lavarropas ineficientes por equipos de eficiencia energética clase A, con el objetivo de acelerar el recambio natural que se daría hasta 2030.¹ En el documento no se discuten las herramientas de implementación necesarias para alcanzar las metas. Los países generalmente acuden a impuestos a las emisiones, financiamiento subsidiado, regulaciones y etiquetado energético, entre otros.

Para medir los impactos se ha utilizado un modelo insumo-producto para Argentina calibrado al año 2017. El mismo cuenta con un detalle sectorial pertinente para dar cuenta tanto de los sectores impulsores como así también de los negativamente impactados por los escenarios. El diseño de los escenarios se desglosa en tres etapas: la inversión en infraestructura o el gasto necesario para implementar la medida, la mejora de eficiencia energética o la sustitución de energía fósil propiamente dicha, y, por último, el efecto rebote en la economía por una potencial baja en el gasto de la factura energética e impulso de la demanda de otros bienes y servicios.

Una estrategia impulsada por la inversión para mejorar la eficiencia energética o inducir el ingreso de generación distribuida puede tener importantes beneficios, especialmente en países donde la creación de empleo es una prioridad. Los efectos inmediatos sobre el empleo se originan en el aumento de las inversiones necesarias para alcanzar los objetivos de la estrategia. Una vez concluidas las inversiones y/o actividades que permiten lograr el ahorro energético, las emisiones tienden a disminuir y así también el empleo. Posteriormente, en el mediano plazo, como consecuencia de las mejoras de productividad que harían disminuir los precios finales y del ahorro energético monetizado de los agentes, se produce el denominado “efecto rebote”, donde las emisiones de GEI y el empleo aumentan impulsados por la demanda. La profundidad de este efecto dependerá de las características de cada medida y sector afectado (Font-Vivanco *et al.*, 2016).

Los principales resultados del paquete de medidas simulado muestran una contribución del 11,56% a la reducción de emisiones de GEI necesarias para alcanzar la meta 2030. También se

¹ Estas metas están publicadas en el PANECC (2017) y fueron discutidas con funcionarios de la Secretaría de Energía. El presente informe está basado en tres informes individuales para analizar cada grupo de políticas: generación distribuida, recambio de luminarias y de electrodomésticos (Romero, Ramos y Harari 2022a, 2022b y 2022c, respectivamente).

corroborar la existencia de un triple dividendo (económico, social y ambiental), siendo que el paquete aporta más de 34 mil nuevos puestos de trabajo e incrementa la producción en 0,24% respecto a la línea de base. No obstante, los resultados desglosados a nivel sectorial dejan en evidencia la necesidad de medidas compensatorias para aquellos sectores que se ven negativamente afectados por la caída del empleo.

El documento se organiza de la siguiente manera. Luego de esta introducción, en la sección 2, se presentan los antecedentes sobre mediciones de eficiencia energética en Argentina y se contextualizan las medidas que luego serán simuladas. En la sección 3 se discute la metodología de estimación de impactos empleada, describiendo la matriz utilizada como base de calibración del modelo insumo-producto. La sección 4 detalla el diseño de cada uno de los escenarios simulados, especificando los supuestos realizados y las magnitudes de los *shocks*. En la sección 5 se analizan los resultados encontrados y en la sección 6 se concluyen algunas recomendaciones de política.

2. Contexto

Algunos estudios recientes analizaron medidas de eficiencia energética para la Argentina. Alberio, Aliano & Guzowski (2020) concluyen que las medidas con más potencial de reducción de emisiones son la iluminación residencial, la envolvente térmica, la eficiencia en electrodomésticos y el alumbrado público. Asimismo, ECONOLER (2020) menciona que la modernización de edificios puede generar mayores beneficios laborales que las otras políticas, ya que estos proyectos son intensivos en mano de obra y pueden proporcionar un impulso económico de corto plazo en comparación con proyectos con plazos de entrega más largos. Este estudio también sugiere que la eficiencia energética impulsará el empleo a través de la instalación, distribución y fabricación de las tecnologías requeridas. Por otro lado, el trabajo de GFA *et al.*, (2021) presenta un conjunto de lineamientos para la implementación total o parcial de un plan nacional de eficiencia energética. Se abordan distintas políticas de eficiencia energética cuyos resultados se verían reflejados en costos evitados y reducción de emisiones. La aproximación metodológica está basada en el uso del modelo LEAP, que a partir de la representación del balance energético de un país permite minimizar los costos de políticas.

Los tres estudios mencionados utilizan modelos *bottom-up*. En cambio, en este documento se utilizan modelos insumo-producto, los cuales entran dentro de la categoría de los modelos *top-down*. Los modelos *bottom-up* están focalizados en el análisis del sector energético y la utilización de unidades físicas, incluyendo una representación detallada de la oferta proveniente de diversas tecnologías (*e. g.*, precios, factores de utilización y características técnicas de los activos), donde la demanda de energía es obtenida por sector económico y por uso energético. Su principal ventaja es que capturan con detalle las variables relacionadas directamente con las medidas de eficiencia energética simuladas, prestando especial atención a aspectos relacionados con la factibilidad de implementación de las políticas.

Por el contrario, los modelos *top-down* parten de un equilibrio macroeconómico y cuentan con cierto grado de desagregación, dependiendo de la metodología utilizada.² En estos modelos la

² También existen modelos híbridos, los cuales combinan la representación detallada de las tecnologías y usos de la energía (*bottom-up*) con supuestos sobre el comportamiento de los agentes y condiciones de equilibrio

energía entra de forma medianamente detallada, como un factor de producción o insumo intermedio, sustituto o complementario con otros factores como el trabajo y los productos intermedios. El modelo insumo-producto utilizado en este documento representa la interacción entre el sector energético y el resto de la economía en unidades monetarias, requiriendo especificar de manera detallada los costos asociados a las medidas implementadas. En particular, se analizaron metas concretas asociadas a la instalación de potencia de generación eléctrica distribuida a partir de paneles fotovoltaicos, la aceleración de las metas de sustitución de la iluminación por lámparas LED y el recambio de electrodomésticos ineficientes.

Generación distribuida

Las características claves de las tecnologías de generación distribuida (GD) son el tamaño y la ubicación del equipamiento. Se trata del uso de pequeñas instalaciones de generación de electricidad cercanas al punto de consumo, generalmente sobre la red de distribución. Los usuarios que adoptan esta modalidad de generación tienen la capacidad para producir energía eléctrica, permaneciendo a su vez conectados al suministro que les brinda la red eléctrica de distribución.

La instalación de un sistema de generación distribuida renovable posibilita al usuario cubrir parte de su demanda de energía eléctrica sin la necesidad de recurrir al suministro de la red, lo que resulta en un ahorro económico debido al autoconsumo. A su vez, de existir un sobrante de energía eléctrica, el usuario-generador puede percibir un beneficio económico por la inyección de los excedentes a la red. Este es el modelo adoptado en la Argentina por la Ley 27.424 de 2017, aunque aún existen múltiples incertidumbres en cuanto a su viabilidad financiera, así como en cuanto a los costos y beneficios sociales asociados a la mayor penetración. Siguiendo a Allan *et al.*, (2015), la dificultad de evaluar los efectos de la penetración recae en la variabilidad de diseños tecnológicos y en los costos de capital y mantenimiento.

Las distintas categorías establecidas en la normativa nacional se diferencian por el tamaño de las instalaciones: 1) Usuarios-Generadores pequeños (UGpe), con equipos instalados en baja tensión con potencia menor a 3 kW; 2) Usuarios-Generadores medianos (UGme), conectados en baja o media tensión y potencia entre 3 y 300 kW y 3) Usuarios-Generadores mayores (UGma), en baja o media tensión y una potencia mayor 300 kW y menor a 2 MW.

A nivel mundial, la adopción de generación renovable distribuida ha sido impulsada por los mecanismos de promoción de energías renovables para diversificar la matriz energética, la conciencia en el cuidado del medio ambiente y sobre todo los menores costos de instalación de generación fotovoltaica. En el caso de Latinoamérica se observa un fuerte crecimiento de la potencia instalada durante los últimos años. Brasil aumentó su capacidad instalada a un ritmo anual promedio de 244% entre 2011 y 2020, alcanzando los 3.388 MW durante este último año. Por su parte, la capacidad instalada de México creció a una tasa promedio de 91% durante el periodo,

sectorial y macroeconómico (Hansen y Percebois, 2011). Los modelos híbridos integrados son modelos insumo-producto con balance energético embebido. Los modelos híbridos iterativos son modelos de equilibrio general con módulo energético externo que se retroalimentan iterativamente. La elección de modelos insumo-producto en lugar de modelos de equilibrio general computado recae principalmente en la mayor transparencia y transmisibilidad de los primeros.

alcanzando los 965 MW. El resto de la región contaba en el año 2020 con tan solo 155 MW, distribuidos entre Costa Rica (54 MW), Chile (52), Guatemala (25), Uruguay (21) y Argentina (3).³ Según el reporte anual de Generación Distribuida en Argentina, para finales de 2021 los 714 Usuarios-Generadores registrados alcanzaron una potencia instalada de 9,1 MW.⁴ El 61% de los usuarios son residenciales, aunque su participación en la potencia instalada es del 17%. Un dato para tener en cuenta es que el 57% de la potencia instalada se encuentra en la provincia de Córdoba, seguida por Buenos Aires (13%), CABA (11%) y Mendoza (10%). El 9% restante se encuentra distribuido en las provincias de San Juan, La Pampa, Chaco, Chubut y Río Negro. Contabilizando los 9,1 MW instalados hasta el momento, la generación distribuida representa apenas el 1% de la potencia solar instalada.⁵ Argentina actualmente cuenta con 0,2 kW de capacidad de generación distribuida por habitante, un nivel de penetración exiguo si se lo compara con los datos de Brasil y México, que en 2020 tenían 15,93 y 7,48 kW per cápita, respectivamente.⁶ Para alcanzar la tasa de penetración de Brasil, por ejemplo, serían necesarios 722 MW. Tomando los 42 mil MW de potencia en Argentina, una meta de 1,000 MW implicaría una penetración de la generación distribuida del 2,38% en el mix energético, implicando una sustitución de energía térmica por energía renovable.

Recambio de luminarias

La implementación de la tecnología LED podría ser una importante contribución para alcanzar las metas de reducción de emisiones, siendo que actualmente la iluminación artificial es responsable de entre el 20 y 25% del consumo de energía eléctrica en el mundo (Ruuth *et al.*, 2019) y el 5% de las emisiones de GEI (Zissis *et al.*, 2021). Las LED no solo penetran en la iluminación de los hogares, sino también en las calles y rutas. En este sentido, el alumbrado público es uno de los sectores en los que existe mayor potencial de acción directa de los gobiernos.

En los últimos años la tecnología LED ha avanzado hasta el punto de convertirse en la mejor opción para casi todas las aplicaciones de iluminación. El precio de venta no solo es cada vez más competitivo con los productos convencionales (*e. g.*, halógenas, incandescentes y fluorescentes), sino que, dependiendo del mercado, el costo final (*i. e.*, precio de venta menos el ahorro monetizado del consumo de electricidad) puede llegar a ser significativamente menor.

Las principales ventajas de la tecnología LED en el campo de la eficiencia energética son la alta eficacia luminosa y la extensa vida útil. La proyección de International Energy Agency (IEA, 2021) es una eficacia promedio LED de casi 150 lm/W (lúmenes por vatio) para el 2030, muy por encima

³ <https://capevlac.olade.org/blog/generacion-distribuida-en-latinoamerica/> – Consultado: 14/02/2022.

⁴ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/reporte_anual_2021_gd.pdf – Consultado: 14/02/2022.

⁵ Según el Informe anual de CAMMESA del año 2020, la potencia total instalada en Argentina es de 42 mil MW, de los cuales solo el 9,5% pertenece a energías renovables. Dentro del total de renovables la mayor participación le corresponde a la energía eólica (66%), siendo que la solar representa el 19%, lo que equivale a 759 MW. La generación de las energías renovables en Argentina comenzó a acelerarse en los últimos años. Mientras que entre 2005 y 2017 la generación de renovables se duplicó, pasando de 1321 a 2635 GWh, entre 2017 y 2020 la generación creció 4,84 veces, alcanzando los 12.736 GWh y representando el 9,5% del total generado. Ver <https://cammesaweb.cammesa.com/informe-anual/> – Consultado: 14/02/2022.

⁶ Para calcular estos valores se tomaron las potencias instaladas según CAPEVLAC y la población según el Banco Mundial.

de la iluminación de los productos convencionales. Las ventajas de las LED seguirán aumentando a medida que se produzcan nuevas mejoras en la eficiencia (Scholand & Dillon, 2012). En este sentido, Pattison *et al.*, (2018) destacan que algunos de los retos técnicos incluyen la reducción de los altos índices de refracción que generan pérdidas de luz por mezcla/ dispersión/absorción (aproximadamente el 13% de la potencia luminosa), la reducción de las pérdidas ópticas (actualmente un 10% de la potencia) y la implementación de estructuras mecánicas para ayudar a disipar el calor.

En un futuro cercano, la "LEDificación de la iluminación" no podrá pensarse por fuera de los sistemas de iluminación conectados (CLS, del inglés *connected lighting systems*). Los CLS refieren a cualquier tipo de equipo de iluminación que tenga un elemento de inteligencia o conectividad. A medida que la tecnología LED vaya madurando, la maximización del ahorro energético dependerá de su integración con los CLS. De acuerdo con Zissis *et al.*, (2021), estos sistemas utilizan plataformas para recopilar datos, optimizando la iluminación y permitiendo un mayor ahorro de energía en los edificios y las ciudades.

De acuerdo con IEA (2021), la penetración LED a nivel mundial era de tan solo el 1% en 2010. Diez años más tarde, las LED alcanzaron una participación del 51%. Los mercados desarrollados son responsables de la rápida expansión en la demanda, mientras que China ha establecido una importante base de fabricación mundial para expandir la oferta. Una de las metas del escenario de emisiones netas cero para 2050 (NZE, por sus siglas en inglés) establece que para 2025 la tasa global de penetración LED global sea del 100% (Bouckaert *et al.*, 2021).

Parte del crecimiento necesario sería impulsado por la tendencia decreciente de los precios.⁷ Sin embargo, las proyecciones de penetración del mercado no son tan optimistas. Un estudio del Joint Research Centre de la Comisión Europea (2021) indica que para 2025 la tasa LED sería del 76%, alcanzando tan solo un 87% en 2030. En Argentina la adopción LED es moderada. El Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático (PANECC, 2017) estima una penetración LED del 32% en los hogares y del 25% en el alumbrado público.

Para acelerar la adopción de la tecnología LED los gobiernos deben tener un rol proactivo. La política gubernamental en el parque de luminaria residencial argentino se ha focalizado principalmente en la prohibición de la importación y la comercialización de lámparas incandescentes (Ley 26.473 de 2009) y halógenas (Ley 27.492 de 2019), contemplando a su vez el establecimiento de un régimen de etiquetado de eficiencia energética (normas IRAM). Entre las principales barreras para la adopción en los hogares el PANECC (2017) destaca i) los bajos incentivos económicos y ii) la falta de información de los usuarios con respecto al ahorro energético de la tecnología LED. Con relación al primer factor, se reconoce que la combinación entre el mayor costo de las lámparas LED (muchos de sus componentes son importados) y el bajo nivel promedio de las tarifas eléctricas reduce los incentivos de los agentes a realizar el recambio. En el caso del alumbrado público la baja adopción se explica principalmente por las restricciones de financiamiento de los municipios. También se mencionan dificultades asociadas a la falta de capacidades técnicas en tecnología LED en municipios pequeños y la mayor vulnerabilidad de las luminarias LED a las instalaciones inadecuadas en un contexto de problemas estructurales en parte de la red de alumbrado público del país.

⁷ En este sentido, el Departamento de Energía de los Estados Unidos (US-DOE, 2010) proyecta que el precio promedio de las LED pasará de los 0,92 dólares por kilolumen en 2019 a unos 0,3 dólares en 2035.

En el PANECC (2017) se detallan distintas acciones realizadas para promover la adopción de la tecnología LED en el alumbrado público. En primer lugar, se consultó a empresas fabricantes para desarrollar una especificación técnica para la compra de luminaria LED. En segundo lugar, en 2017 se lanzó el Plan de Alumbrado Eficiente (PLAE), destinando fondos no reembolsables del Tesoro nacional para promover el recambio en municipios y rutas provinciales. Un 50% del financiamiento se obtiene en adelantos, mientras que el 50% restante es un reintegro luego de que los procesos de compra sean ejecutados por los propios beneficiarios.⁸

Por fuera del PLAE, el Plan de recambio de alumbrado bajo el esquema de participación público-privada (PPP) surgió en 2018 y financia a contratistas que puedan encargarse tanto de la provisión, instalación y mantenimiento de las luminarias como de la provisión de capacidad técnica a los municipios, esto último con el objetivo de desarrollar capacidades locales. Por último, debe mencionarse que la red argentina de municipios contra el cambio climático (RAMCC) cuenta con un fideicomiso para realizar compras comunitarias de luminaria LED con el objetivo de que los edificios municipales sean sustentables desde lo energético.

Recambio de electrodomésticos

La relevancia de la eficiencia energética de los electrodomésticos se acentuó durante la pandemia de COVID-19. Las personas comenzaron a pasar más tiempo en sus hogares, efectuando tareas que antes realizaban fuera del hogar y teniendo que hacer frente a facturas de energía más elevadas. El mayor uso de los equipos domésticos posiblemente redujo su vida útil e incrementó los incentivos a invertir en aparatos más eficientes.⁹

De acuerdo con IEA (2020), el cambio de hábitos en países en desarrollo derivado de la pandemia incentiva la sustitución de electrodomésticos por equipos que en promedio son más eficientes, incluso en un contexto de recesión económica. En primer lugar, los gobiernos han fomentado las políticas de etiquetado, lo que refuerza la tendencia general de que los nuevos aparatos sean mucho más eficientes que los que llegan al final de su vida útil. En segundo lugar, a diferencia de otros equipos energéticamente eficientes, los electrodomésticos eficientes no siempre son más caros para los consumidores, lo que atenúa el riesgo de que durante la recesión se evite adquirir aparatos de alta eficiencia.

En Argentina existen hasta siete categorías de eficiencia energética (normas IRAM), identificadas con barras de colores y letras en orden alfabético; desde el color verde y letra A para los equipos más eficientes, hasta el color rojo y la letra G para los menos eficientes. Dentro de la clase A, se subdividen a los equipos en categorías como la A, A++ o A+++.

Tanto las heladeras como los lavarropas cuentan con estándares mínimos de eficiencia energética con el objetivo de que los equipos que se comercialicen en el mercado cumplan con un nivel máximo de consumo específico de energía. Cabe aclarar que la etiqueta no solo brinda información sobre la eficiencia

⁸ Hasta diciembre de 2018, se habían completado un total de 65 proyectos (86 mil luminarias reemplazadas) en 17 provincias por un monto de 469,8 millones de pesos. El 63% de las luminarias eran de origen nacional. Según el PANECC (2017), sería necesario incrementar la oferta interna para poder abastecer al mercado potencial y alcanzar costos competitivos.

⁹ En Argentina, la búsqueda en Google del término “lavarropas” dentro de la categoría “compras” se incrementó marcadamente durante el período de aislamiento. No ocurrió así con el término “heladeras”, el cual se mantuvo relativamente constante.

energética del producto, también permite conocer el volumen de compartimiento (heladera) y la calidad de lavado (lavarropas).¹⁰

En Argentina la penetración de heladeras y lavarropas eficientes es moderada. De acuerdo con los datos de la ENGHO (2017/2018), el 39% de los hogares contaba con una heladera de más de 15 años de antigüedad. Se estima que en el 2018 el 44% del parque de heladeras era de clase A, mientras que un 32% de clase B.

En el PANECC (2017) se mencionan los objetivos de la Secretaría de Energía con relación al recambio de electrodomésticos en el marco de la Agenda 2030. La medida incondicional está orientada al etiquetado de heladeras, lavarropas y equipos de aire acondicionado e incluye también la incorporación de equipos con reducción de consumo en *stand-by*. La medida adicional contempla incentivos para el reemplazo de los electrodomésticos mencionados y de los televisores, y el límite de *setpoint* de los equipos de aire acondicionado. El objetivo al 2030 considera que el 70% de los equipos alcancen la eficiencia A+++.

3. Metodología

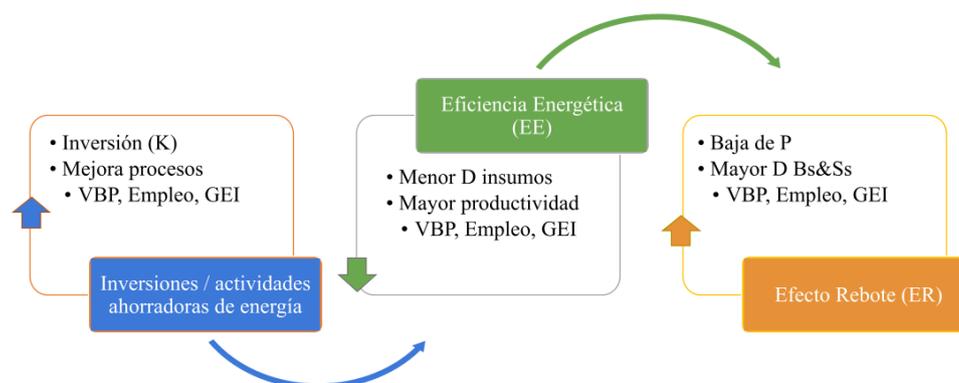
Cadena de impactos

Las mejoras de eficiencia energética están típicamente focalizadas en áreas relacionadas al uso final (*e. g.*, residencial, transporte, etc.) y a los sectores de transformación. En este informe nos concentramos en la evaluación *ex-ante* de esta clase de medidas, por lo que es preciso determinar la cadena de impactos esperados y la dimensión temporal de cada uno.

La cadena de impactos de una política ambiental cuenta con tres eslabones: i) inversión o actividades ahorradoras de energía, ii) mejoras de eficiencia energética y iii) efecto rebote. El primer eslabón corresponde al aumento del gasto o la inversión requerida para mejorar la eficiencia energética. El segundo eslabón es el efecto correspondiente a la mejora de eficiencia energética o a la sustitución energética propiamente dicha. El tercer eslabón es el denominado efecto rebote resultante de los cambios en la estructura de gastos de los consumidores o en las funciones de producción (Greening *et al.*, 2000).¹¹ La intuición por detrás del efecto rebote es que la mejora de eficiencia de un recurso puede acarrear una mayor intensidad de su propio uso (efecto directo) o de otros recursos (efecto indirecto). También se encuentran los efectos rebote macroeconómicos o sectoriales que se derivan del aumento de la demanda de otros bienes y servicios tras el mayor ahorro en energía. El Diagrama 1 sintetiza los tres eslabones de la cadena de impactos.

¹⁰ <https://www.minem.gob.ar/www/835/26781/programa-de-etiquetado%20-%20-%20:-:text=La%20etiqueta&text=En%20Argentina%20tenemos%20hasta%20siete.G%20para%20los%20menos%20eficientes> – Consultado: 14/02/2022.

¹¹ Los determinantes del efecto rebote varían de acuerdo a la perspectiva de análisis que se adopte: Economía de la Energía; socio-psicológica; socio-tecnológica; Planeamiento urbano; Economía evolutiva; ciencias de la sustentabilidad, entre otras. (Font Vivanco *et al.*, 2016).

Diagrama 1. Cadena de impactos de políticas de eficiencia energética

Fuente: elaboración propia.

El signo de los impactos esperados sobre la actividad económica, el empleo y las emisiones de GEI es positivo durante la etapa de inversión. De acuerdo con IEA (2020), uno de los beneficios más importantes de la eficiencia energética es la creación de empleo, siendo que las medidas suelen ser trabajo-intensivas. En general, las políticas de reactivación de la actividad económica y del empleo son compatibles con políticas de eficiencia energética que requieren la adopción de inversiones ahorradoras de energía.¹² En el actual contexto económico, el estímulo y la promoción de las inversiones en eficiencia energética y en energías renovables puede ser un importante vehículo para la recuperación económica de corto plazo, siendo además coincidente con el compromiso ambiental de reducción de emisiones 2030 (Garrett-Peltier, 2017; Ungar *et al.*, 2020).

El eslabón de eficiencia energética implica una menor demanda de energía derivada de las eficiencias obtenidas, reduciendo así la generación de energía y el empleo del sector energético. La contracara es una reducción de las emisiones de GEI, promovidas por el menor consumo energético o por la sustitución de energías fósiles por energías limpias.

El efecto rebote tendría impactos positivos sobre la producción y el empleo. En el agregado, el signo del impacto final dependerá de la intensidad y la duración temporal de cada etapa. Por otra parte, debe considerarse que la eficiencia energética a nivel país no se logra a partir de una inversión única, sino de un sendero de inversiones cuyas etapas se estarían intercalando, lo que implicaría también un sendero de creación de empleo y crecimiento.

¹² Desde una perspectiva económica, las opciones de inversión privada en eficiencia energética implican fundamentalmente un *trade-off* entre altos costos de capital iniciales y bajos costos operativos en el futuro debido a la expectativa de ahorro energético. Manteniendo constante el consumo de energía, una decisión privada óptima implicaría elegir el nivel de eficiencia energética que minimiza el valor presente de los costos privados. La profusa literatura sobre brechas de eficiencia energética que estudia los determinantes que generan una barrera a la adopción de tecnologías para eficiencia energética (Gerarden *et al.*, 2017).

El modelo

El análisis insumo-producto es considerado una aproximación válida para estudiar la interdependencia entre los sectores energéticos y el resto de la economía. De acuerdo con Miller & Blair (2009), un modelo insumo-producto (de demanda) es un sistema lineal de n ecuaciones con n incógnitas cuya principal finalidad es analizar cambios de demanda y relaciones intersectoriales. Cada una de estas ecuaciones describe la distribución de un producto a lo largo de toda la economía. La naturaleza lineal de este sistema de ecuaciones hace que la representación matricial sea bastante directa, facilitando la resolución del ejercicio.

Para describir el modelo insumo-producto consideremos una economía con n sectores. Las ventas que realiza el sector i están compuestas por i) las ventas que este sector realiza a otros sectores en concepto de consumo intermedio y por ii) las ventas que realiza a los componentes de la demanda final: consumo privado, consumo público, inversión y exportaciones. La ecuación (1) describe la desagregación de las venta totales del sector i (x_i) en términos matemáticos:

$$x_i = z_{i1} + \dots + z_{in} + f_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i, \quad \text{para todo } i. \quad (1)$$

Las ventas del sector a la demanda final están representadas por f_i . A su vez, z_{ij} representan las ventas del sector i al sector j (consumo intermedio). Un pilar importante de los modelos insumo-producto es la idea de coeficientes fijos, la cual implica que las compras interindustriales son una proporción del producto del sector comprador. De esta forma, los coeficientes fijos son el cociente de las compras entre dos sectores y el producto del sector comprador, por lo que representa la proporción del producto que corresponde al insumo que se está comprando ($a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j}$).

Así, reemplazando $z_{ij} = a_{ij}x_j$ en la ecuación (1), tenemos:

$$x_i = a_{i1}x_1 + \dots + a_{in}x_n + f_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j + f_i, \quad \text{para todo } i. \quad (2)$$

La ecuación (2) puede ser reproducida para cada sector de la economía, obteniendo el sistema de ecuaciones (en notación matricial) que se describe en la ecuación (3):

$$X = AX + f \quad (3)$$

X es el vector que contiene los productos de cada sector (x_i), A es la matriz de coeficientes técnicos y f es el vector que contiene las demandas finales de cada sector (f_i). Sea I la matriz identidad, notar que de la ecuación (3) se puede despejar X , obteniendo la ecuación (4):

$$X = (I - A)^{-1}f = Lf \quad (4)$$

El término $(I - A)^{-1} = L$ es la matriz inversa de Leontief, que recoge los efectos directos e indirectos de un cambio en la demanda final sobre el producto de los sectores. De esta forma, podemos modificar el vector f y medir cuánto cambian los elementos de X . A este modelo se lo denomina “modelo abierto de Leontief”.¹³

Para evaluar los efectos sobre el empleo y emisiones de GEI, se calculan los multiplicadores de empleo y emisiones mediante el cambio de la unidad de medida de los coeficientes de la matriz L , utilizando, por ejemplo, el número de personas empleadas por unidad de producto.

¹³ Para considerar además el efecto del gasto de los hogares (efecto inducido), es necesario considerar como endógenos tanto el consumo como el ingreso de los hogares. En este caso, el modelo toma el consumo como un sector que produce trabajo, que es al mismo tiempo un insumo para los sectores de actividad.

Es importante destacar que el modelo insumo-producto de demanda tiene sus limitaciones. La naturaleza de los supuestos del modelo de demanda implica que los precios se mantienen fijos, a su vez que las reacciones a los *shocks* de política son proporcionales a las estructuras de costo de las firmas y de gasto de los hogares, omitiendo posibles restricciones de oferta.

Matriz de contabilidad social: ajustes específicos

Los modelos de insumo-producto son construidos en base a la información provista por una matriz de insumo-producto (MIP) o matriz de contabilidad social (MCS) que contiene información de los flujos intersectoriales, la estructura de la demanda final y del valor agregado de distintos sectores de actividad durante un año en particular.

La MCS es una foto de la economía en un momento del tiempo. Esta base de datos contiene información de todos los agentes de la economía integrada en formato matricial, donde las filas representan los ingresos de los agentes (o los mercados) y las columnas los egresos (o las restricciones presupuestarias). Las MCS suelen estar compuestas por cinco tipos de cuentas: de producción, de bienes, de factores, de instituciones (hogares, gobierno), y del sector externo. La sumatoria por fila de cada una de las cuentas debe igualarse a la sumatoria por columna de la misma cuenta tal que se cumplan las restricciones de presupuestos de los individuos, es decir, que los egresos deben ser iguales a los ingresos.

El documento toma como referencia la MCS de Argentina del 2017 de 30 sectores publicada por Chisari *et al.*, (2020), cuyos sectores fueron compatibilizados a partir de los Cuadros de Oferta y Utilización (COU 2004). Los datos de producción y valor agregado sectoriales provistos por rama de actividad económica corresponden a las tablas de Valor Bruto de Producción (VBP) y Valor Agregado (VA) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

La MCS adaptada para este proyecto está compuesta de 38 sectores productivos, 2 hogares diferenciados por su ingreso (pobre y rico), un gobierno y el resto del mundo. En la Tabla 1 se expone la desagregación sectorial utilizada, presentando a su vez el VBP, demanda final, VA, consumo intermedio (CI) y los vectores de las cuentas satélites de empleo y emisiones de GEI. El vector de empleo se adaptó a partir de los datos originales del Sistema Integrado Previsional Argentino (SIPA) del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social y EPH (INDEC) para el mismo año que la MCS. El vector de emisiones corresponde a una adaptación de los datos del proyecto PMR Argentina (2019-2020) con base en el Inventario Nacional de Emisiones de GEI para 2016 (publicado en 2019). Para la elaboración de este documento se desagregaron los sectores de reparación, mantenimiento e instalación de bienes de capital (sector 16); heladeras y lavarropas (sector 17); generación de energía térmica, hidroeléctrica, nuclear, eólica, solar y resto (sectores 20 a 25) y distribución y transporte de electricidad (sector 26).

Tabla 1. Desagregación sectorial MCS Argentina 2017 y Cuentas Satélites

Sector			VBP	Demanda	VA	Consumo	Empleo	Emisiones
			% del Total de 2017	Final		Interm.	Miles	GEI
						% de VBP		MtCO2eq
1	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	AGRIC	5.93%	2.57%	6.33%	42.92%	1,374.9	139.580
2	Petróleo, gas y carbón	PYGAS	2.11%	0.08%	2.17%	42.22%	69.6	17.180
3	Actividades de Minería	MINER	0.60%	0.10%	0.69%	31.23%	26.4	0.558
4	Alimentos, bebidas y tabaco	ALIBT	10.15%	14.48%	6.73%	63.09%	665.8	4.228
5	Productos textiles y prendas de vestir	TEXTI	1.08%	1.43%	1.01%	48.90%	312.1	0.202
6	Curtido y terminación de cueros	CUERO	0.31%	0.36%	0.26%	59.84%	90.3	0.022
7	Producción de madera y sus productos	MADER	0.26%	0.04%	0.24%	49.78%	78.3	0.033
8	Fabricación de papel y sus productos	PAPEL	1.31%	0.44%	1.09%	54.96%	116.3	1.919
9	Refinerías	REFIN	2.40%	0.96%	1.55%	64.34%	6.6	12.973
10	Sustancias y productos químicos	QUIMI	3.23%	4.13%	2.48%	57.97%	124.7	5.867
11	Productos de caucho y plástico	PLAST	1.04%	0.39%	0.88%	61.46%	90.6	8.949
12	Productos minerales no metálicos	NOMET	0.76%	0.19%	0.67%	50.75%	65.9	9.145
13	Industrias metálicas básicas	SIDER	1.21%	0.72%	1.04%	56.00%	37.1	13.721
14	Productos elaborados de metal	METAL	0.75%	0.64%	0.81%	51.23%	239.8	0.896
15	Maquinaria y equipo	MAQUI	2.37%	3.54%	1.82%	52.51%	235.8	0.584
16	Reparación, mant. e instalación de maquinaria	MANTK	0.11%	0.10%	0.17%	35.04%	68.2	0.012
17	Heladeras y Lavarropas	HEYLA	0.14%	0.22%	0.13%	43.18%	4.7	0.003
18	Vehículos automotores y equipo de transporte	VEHIC	1.88%	2.97%	1.51%	70.27%	99.8	0.206
19	Otras industrias manufactureras	INDUR	0.45%	0.74%	0.46%	42.09%	94.9	0.049
20	Generación de Energía Térmica	GTERM	0.40%	0.00%	0.20%	81.26%	27.8	47.831
21	Generación de Energía Hidroeléctrica	GHIDR	0.10%	0.00%	0.14%	11.19%	4.2	-
22	Generación de Energía Nuclear	GNUCL	0.03%	0.00%	0.03%	43.06%	3.0	-
23	Generación de Energía renovable Eólica	GEOLI	0.00%	0.00%	0.00%	5.55%	0.2	-
24	Generación de Energía renovable Solar	GSOLA	0.00%	0.00%	0.00%	5.38%	0.0	-
25	Resto de Generación de Energía	GENER	0.00%	0.00%	0.00%	9.37%	0.5	0.000
26	Distribución y transporte de Energía	DIELE	0.49%	0.59%	0.12%	96.64%	34.0	-
27	Distribución de comb. gaseosos por tuberías	DIGAS	0.26%	0.11%	0.20%	83.62%	15.0	23.153
28	Captación, depuración y distribución de agua	DIAGU	0.27%	0.35%	0.30%	36.17%	41.0	-
29	Servicios de Construcción	CONST	4.72%	7.20%	4.97%	42.87%	1,673.9	5.378
30	Servicios de Comercio	COMER	12.31%	9.10%	15.00%	27.43%	3,560.1	2.908
31	Servicios de hospedaje y restaurantes	HOYRE	3.93%	5.61%	2.95%	54.82%	672.7	0.090
32	Servicios de transporte y comunicaciones	TRYCO	9.00%	7.49%	7.25%	55.07%	1,187.5	50.221
33	Servicios de intermediación financiera	FINAN	3.88%	0.49%	4.13%	37.27%	304.8	-
34	Actividades inmobiliarias y empresariales	INMOB	8.99%	9.28%	11.21%	25.58%	1,356.7	4.346
35	Administración pública	ADMPU	6.40%	9.91%	7.86%	26.16%	1,575.5	1.355
36	Servicios de enseñanza	EDUCA	4.19%	6.72%	5.75%	16.47%	2,098.4	-
37	Servicios sociales y de salud	SSALU	5.11%	6.21%	5.76%	33.05%	1,257.1	-
38	Otras actividades de servicios comunitarios	SCOMU	3.85%	2.84%	4.11%	36.40%	2,730.6	13.026

Fuente: elaboración propia.

Método de estimación de impactos

En este apartado se presenta la metodología utilizada para la evaluación ex-ante de políticas ambientales de eficiencia energética. El objetivo es estimar los impactos sobre la producción, el empleo y el ambiente (emisiones de GEI) por sector de actividad y para el agregado de la economía. El esquema metodológico se condensa en tres actividades principales: 1) recolección y adecuación de la información, 2) modelado de escenarios, 3) ejecución de las simulaciones y análisis de resultados.

Recolección y adecuación de la información. Se cuenta con los siguientes tres tipos de datos:

- i) Información sobre la estructura de la economía. Matriz de contabilidad social (MCS) con el grado de apertura sectorial necesario para este tipo de estudios.
- ii) Información sectorial de la cuenta satélite de empleo y emisiones de GEI.
- iii) Información sobre las medidas de eficiencia energética a simular. Para estimar los impactos es necesario detallar la implementación de las medidas, indicando de manera muy precisa sus metas, los sectores objetivo, su alcance, los *shocks* de inversión y gasto, las elasticidades de sustitución de insumos energéticos, la tecnología adoptada y sustituida y el origen de los bienes (*i. e.*, domésticos e importados).

Modelado de escenarios. Se utilizan los modelos insumo-producto de demanda con cambio estructural para captar tanto los efectos directos relacionados con las inversiones y la eficiencia energética, como los efectos rebote macroeconómico, derivados de cambios en precios e ingresos.

Ejecución de las simulaciones y análisis de resultados. Se desarrolla un sistema para ejecutar las simulaciones y obtener los impactos directos e indirectos de las políticas a nivel agregado y sectorial sobre empleo, producción y emisiones. Los resultados sectoriales son particularmente importantes porque brindan información para que los hacedores de política puedan analizar posibles cuellos de botella, factibilidad de las políticas, necesidad de compensación a hogares o firmas y desarrollo de proveedores, entre otros.

Cabe resaltar que esta aproximación metodológica es complementaria con otro tipo de modelos. En particular, los escenarios simulados se pueden nutrir de información estimada a partir de modelos tipo *bottom-up*. Romero *et al.*, (2022) es un antecedente reciente del uso de modelos insumo-producto en la medición de impactos socio-económicos y ambientales de medidas tendientes a cumplir con las NDC a 2030.

4. Escenarios

En esta sección se detallan los modelos utilizados y los supuestos realizados para cada una de las tres etapas de simulación: inversión, eficiencia energética y efecto rebote. En términos generales, para la etapa de inversión se utiliza un modelo de demanda donde el *shock* exógeno está dado por un vector que represente el tipo de gasto doméstico que demandaría la inversión ahorradora de energía.

Para el eslabón de eficiencia o sustitución energética se requiere especificar el ahorro energético y el cambio de la estructura productiva correspondiente a la sustitución de fuentes de energía. El ahorro energético implica menor demanda en los sectores oferentes de energía. También se considera la inclusión de sustitución de insumos y *shocks* de demanda positivos asociados al mantenimiento de los nuevos activos.

La etapa del efecto rebote exige definir en qué medida se traslada a precios los menores costos derivados de la mejora de eficiencia energética y cuál es el aumento en el ingreso disponible de los agentes derivado del ahorro energético. Para ello se utiliza el modelo de oferta. Entre otras alternativas, se puede elegir que los precios sean iguales a los costos medios o que las firmas mantengan un *mark-up* fijo (Llop, 2008). La disminución de precios esperada se debe transformar en un *shock* de demanda positivo. El aumento de cada demanda sectorial se calcula aplicando elasticidades precio de la demanda. En este trabajo no se calcula el efecto rebote directo. Esto no implicaría un cambio significativo en el impacto esperado del efecto rebote dado que los escenarios considerados no generarían mayor consumo de energía. Las heladeras y las luminarias estarían conectadas la misma cantidad de tiempo, el uso del lavarropa no se espera que se incremente significativamente y se asume que no se adquirirían *stock* adicionales (por ejemplo, más de una heladera o lavarropas por hogar). Esto sí podría ocurrir con las luminarias pero el consumo adicional sería exiguo.

En todas las etapas de todos los escenarios se asume una elasticidad empleo-producto de cero para los sectores de distribución y transporte de energía, generación nuclear y generación hidroeléctrica. La razón es que los cambios en la demanda en estos sectores no suelen redundar en cambios en los niveles de empleo ya que la mayoría de los costos son fijos, siendo que, por ejemplo, el *driver* del empleo en distribución es la cantidad de usuarios y no la energía demandada. De esta forma, no hay motivo para suponer que el ahorro energético genere grandes pérdidas de empleo en estos sectores.

Generación distribuida

Meta. Instalación de 1000 MW de potencia para generación eléctrica fotovoltaica distribuida para 2030.

Inversión. Se considera el *shock* de demanda positivo asociado a las inversiones necesarias para la fabricación e instalación de paneles solares. Los sectores afectados directamente por la medida son maquinaria y equipo y reparación, mantenimiento e instalación de maquinaria. Partiendo de la base de una capacidad de 3,95 MW para inicios de 2021, se asume que los 996,5 MW necesarios para alcanzar la meta se instalan en cuotas iguales entre 2021 y 2030.

La capacidad a instalar se distribuye entre usuarios comerciales y residenciales. En particular, se asigna un 25% a las unidades residenciales, lo que significa un incremento relativo con respecto al 17% correspondiente al 2021. A su vez, se asume que la capacidad a instalar correspondiente al sector comercial se distribuye siguiendo el VBP de los distintos sectores industriales y de comercio.

El costo de instalación unitario considerado es de 1400 USD/kW para Usuarios-Generadores residenciales y 1000 USD/kW para comerciales.¹⁴ El 78% del costo de la inversión corresponde a insumos metalmecánicos (sector maquinaria y equipos). El 22% restante del costo de la inversión corresponde a los servicios de instalación (sector reparación, mantenimiento e instalación de maquinaria). Estos valores surgen de consultas a proveedores y al área de Generación Distribuida de la Secretaría de Energía.

Hay que remarcar que solo el 19% de los componentes son nacionales, por lo que el *shock* de demanda sobre el sector de maquinaria y equipo es menor que en un contexto de mayor

¹⁴ Todos los montos en dólares de este documento se convierten a pesos argentinos utilizando el tipo de cambio promedio del año 2017 (1 USD = 17,5 ARS), año de la matriz utilizada.

integración nacional. A su vez, en el escenario se asume que los costos se mantienen constantes de aquí a 2030. La estimación final implica una inversión acumulada a 2030 de 1.096 millones de dólares, equivalente al 0,2% del PBI de 2017.

Eficiencia energética. Se considera el impacto acumulado de la medida a 2030 derivado de la sustitución de energía térmica por renovable generada por los usuario-generadores. En este escenario se asume que los usuario-generadores no inyectan energía a la red, de forma que el autoconsumo es del 100%.

En primer lugar, el escenario considera que los paneles solares traen asociado un costo de mantenimiento que se traduce en un aumento del empleo del sector de reparación, mantenimiento e instalación de maquinaria. Se utiliza un factor de costo unitario de mantenimiento equivalente al 1,85% del costo de la inversión, similar al de Renovar/ MATER.

En segundo lugar, el escenario redundante en una reducción de demanda del sector de distribución y transporte de energía. Para calcular la energía sustituida se multiplica la capacidad instalada acumulada anual por un promedio de los factores de utilización de planta, que van entre el 18 y el 23% según la región (Renovar/ MATER). De esta forma, la generación en 2030 sería de 1.732 GWh¹⁵, que sustituye la demanda proveniente de la distribución de electricidad.

Para monetizar esta reducción de la demanda se utiliza una proyección del precio estacional (GFA *et al.*, 2021), que es el valor medio que pagan las distribuidoras por la energía que reciben, que luego trasladan a los usuarios finales a un valor que depende del perfil de cada usuario, agregándoles lo que se denomina valor agregado de distribución. Para el año 2021 el precio estacional oscila entre los 27,3 USD/MWh para los usuarios residenciales y 32,2 USD/MWh para los comerciales. Tomando estas referencias en conjunto con la generación, la reducción de la demanda final del sector de distribución y transporte de energía resulta en 294,4 millones de dólares.

En el caso de los usuarios comerciales la demanda es intermedia y no final. Por lo tanto, los *shocks* de demanda de energía (negativo) y de mantenimiento (positivo) significan un cambio en la estructura de consumo intermedio, que en las simulaciones se refleja a través del cambio de la estructura de la oferta de energía eléctrica de la matriz insumo-producto.

Efecto rebote. Se estima el valor presente de instalar 1 MW de potencia, tanto para usuarios residenciales como para comerciales. El costo está dado por la inversión inicial (CAPEX) y el mantenimiento anual (OPEX) que requieren los paneles durante los 25 años promedio de vida útil. Los ingresos provienen del ahorro en tarifas durante la vida útil de los paneles. Bajo esta estructura, la racionalidad de la adopción dependerá de los precios de la energía.¹⁶

El ahorro neto sería negativo si se utilizara el precio estacional de las distribuidoras o el precio de una tarifa de 250/500 kWh para la mayoría de las provincias. Marcó y Griffa (2019) encontraron que Córdoba fue la provincia con las tarifas más altas en 2019, un 42% por encima del promedio nacional. Considerando que esta provincia cuenta con el 57% de la capacidad instalada, en el ejercicio se toma como referencia a las tarifa de 131,04 USD/MWh de la Empresa Provincial de Energía de Córdoba (EPEC). La estimación arroja un ahorro neto positivo de 26,6 millones de dólares para el sector residencial y de 27,6 millones de dólares para los usuarios comerciales.

¹⁵ Generación (en GWh) = capacidad instalada (en GW) * factor de planta * horas en un año.

¹⁶ En el ejercicio se considera una tasa de descuento anual de 1,75% en USD.

Notar que se asume que las condiciones financieras actuales les permitirían a los hogares conseguir un incremento de su ingreso disponible sólo en aquellas zonas donde las tarifas son relativamente altas, como es el caso de Córdoba. Este supuesto es consistente además con un escenario alternativo de aumento de tarifas en otras regiones. A su vez, debe advertirse que la caída en el precio de los paneles también podría incrementar el ahorro neto positivo.

Se asume que los hogares ahorran un 30% del aumento del ingreso disponible y consumen el 70% restante, lo que equivale a unos 18,6 millones de dólares. Para los usuarios comerciales el ahorro neto significa una reducción en los costos, de forma que se produce una caída de precios y un consecuente aumento de la demanda final de los sectores. Para calcular el incremento de la demanda se asume una elasticidad de sustitución unitaria.

Recambio de luminarias

Meta. 100% de penetración LED residencial para 2025 y 74% en el alumbrado público para 2029. El 26% restante estaría compuesto por la tecnología nueva de las lámparas de sodio de alta presión (SAP).

Inversión. Se asume que la capacidad de producción nacional de lámparas LED es suficiente para absorber el *shock* de demanda de la política, de forma que no es necesario realizar inversiones en ningún sector de la economía. La compra de lámparas LED no constituye un gasto porque se sustituyen otras lámparas tradicionales.

Eficiencia energética. El ejercicio requiere comparar precios y cantidades de cada tipo de luminaria en los escenarios de i) cumplimiento de la meta y ii) *business as usual* (BAU). El *shock* de demanda es absorbido por el sector de maquinaria y equipo.

En primer lugar, se determina la composición del parque residencial y de alumbrado público en ambos escenarios. En el escenario BAU la participación de las lámparas en la composición de los parques se mantiene constante en el período 2022-2030. Los valores de referencia provienen del estudio de GFA *et al.*, (2021). Este escenario de base considera una participación LED de 32% en el parque residencial. El porcentaje restante corresponde a las lámparas de bajo consumo (48%), incandescentes (9%), halógenas (7%) y tubos (4%). La participación LED en el parque de alumbrado público es del 25%, siendo que el porcentaje restante se reparte entre las luminarias SAP de tecnología vieja (47%), SAP tecnología nueva (18%) y vapor de mercurio (10%).

En el escenario de cumplimiento de la meta las lámparas LED del parque residencial pasan del 32% en 2021 al 100% en 2025. En el parque de alumbrado público se produce un aumento escalonado hasta alcanzar la meta de 74% en 2029. La tecnología nueva de las lámparas SAP cubriría el porcentaje restante.

En segundo lugar, se estima el *stock* en el parque de cada tipo de lámpara para cada año en cada uno de los escenarios. Los valores se calculan multiplicando la cantidad de puntos luminosos por la participación de cada tipo de lámpara según el año y escenario. Para estimar la cantidad de puntos luminosos se parte de los 12,7 millones de hogares en 2021, con un *stock* de 10 lámparas por hogar (ENGHO 2017/2018). El alumbrado público cuenta con 4,8 millones de puntos luminosos en 2021 de acuerdo a información provista por la Secretaría de Energía. Se asume una tasa de crecimiento anual de puntos luminosos del 1,52% para el sector residencial y del 1,56% para el alumbrado público, proyecciones también provistas por la Secretaría de Energía.

En tercer lugar, se estima la cantidad a reemplazar de cada tipo de lámpara en cada uno de los dos escenarios. Partiendo de la composición del parque como dato exógeno, la vida útil de cada

tipo de lámpara determina la cantidad a reemplazar. Una mayor vida útil significa una menor tasa de recambio, lo que reduce las unidades demandadas al sector de maquinaria y equipo. Los parámetros de vida útil utilizados surgen de la Secretaría de Energía para la iluminación residencial y de GFA *et al.* (2021) para el alumbrado público.¹⁷ La vida útil promedio de las LED de uso residencial se estima en 15 mil horas, por encima de las de bajo consumo (9 mil horas), halógenas (2 mil) e incandescentes (mil).¹⁸ Las lámparas LED y SAP tecnología nueva para alumbrado público tienen una duración de 50 mil horas, mucho mayor que las SAP de tecnología vieja y las de vapor de mercurio (15 mil horas). Los valores de horas de vida útil se convierten a años de vida útil asumiendo 4,94 horas de iluminación por día para el sector residencial y 11 para el alumbrado público. Estos valores de referencia son utilizados en el trabajo de GFA *et al.* (2021). En última instancia, las lámparas a reemplazar surgen de sumar i) el recambio de las lámparas que finalizan su vida útil con ii) el aumento en la demanda del tipo de lámpara como producto del cambio en la composición del parque, en caso de tratarse de un valor positivo.

En cuarto lugar, los requisitos de cada tipo de lámpara se monetizan a partir de los precios unitarios en dólares corrientes de 2017 y sin IVA. Para las LED del alumbrado público se utilizaron los datos de una licitación del PLAE 2018, teniendo en cuenta la cuota de mercado de cada proveedor.¹⁹ En este caso el precio unitario de las LED es de 169 USD. Para la iluminación residencial se realizó un relevamiento propio de distintas marcas en el sitio Mercado Libre durante febrero de 2022. El precio de la lámpara LED se estima en 1,17 USD.²⁰

El cumplimiento de las medidas de recambio arroja una reducción de la demanda del sector fabricante de maquinaria y equipo tanto en el sector residencial como en el de alumbrado público. En total, el *shock* de demanda negativo sobre el sector es de unos 27,9 millones de dólares acumulados a 2030. Este valor parte del supuesto de una integración nacional del 63%, equivalente a la participación de las lámparas nacionales en el PLAE 2018. La reducción en la demanda se asocia a la mayor vida útil LED, siendo que en el agregado la reducción en la cantidad demandada no es compensada por el mayor precio.

Por otra parte, se asume que en el alumbrado público existe un costo de instalación equivalente al 0,5% del precio LED para cada lámpara. Este supuesto significa agregar un *shock* de demanda sobre el sector de reparación, mantenimiento e instalación de maquinaria. Nuevamente, la mayor vida útil LED se traduce en que en el acumulado 2022-2030 termina habiendo menos instalaciones. La demanda del sector se reduce en 0,47 millones de dólares.

El escenario significa una reducción de demanda del sector de distribución y transporte de energía. Para calcular el ahorro energético se tienen en cuenta las horas de iluminación de cada sector y el consumo energético de cada tipo de lámpara, valores provistos por la Secretaría de Energía. Comparando las composiciones de los parques en los escenarios de la política y BAU, se estima que la reducción en la generación acumulada a 2030 es de 20.570 MWh en el sector residencial y de 3.990 MWh en el sector de alumbrado público.

¹⁷ <https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/eficiencia-energetica/cuidemos-la-energia-en-nuestro-hogar/en-el-living/iluminacion> para vida útil de la iluminación residencial – Consultado: 14/02/2022.

¹⁸ A partir de un relevamiento de los productos del sitio Energy Star se encuentra que el 10% LED de mejor performance tiene una vida útil de entre 25 mil y 60 mil horas (www.energystar.gov/).

¹⁹ https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plae_informe_resultados_2018.pdf – Consultado: 14/02/2022.

²⁰ El relevamiento para el resto de las lámparas arroja un valor de 3,14 USD para la tubo, 1,05 la de bajo consumo, 0,63 las halógenas y 0,84 las incandescentes. Para el resto de las lámparas del sector de alumbrado público se utilizó el promedio de los artículos relevados (63 USD).

Para calcular el ahorro energético monetizado se utiliza la proyección del precio estacional medio empleada en el escenario de generación distribuida. Tomando estas referencias en conjunto con la menor generación, la reducción de la demanda final del sector de distribución y transporte de energía sería de 105,8 millones de dólares en el sector residencial y de 54,2 millones de dólares en el sector de alumbrado público.

Para estimar los impactos indirectos del ahorro energético en el sector de distribución y transporte de energía de manera acertada se asume que la demanda de alumbrado público sustituye en un 80% los insumos de generación térmica por insumos de la generación hidráulica y nuclear. Esto se debe a que el alumbrado público está encendido en horario nocturno, cuando la generación térmica es menor. De esta forma la participación de la generación térmica se reduce del 76% al 15%, dato relevante para estimar el impacto en reducción de emisiones.

Efecto rebote. El efecto rebote depende de que la medida genere un aumento del ingreso real disponible de los hogares o signifique un ahorro neto para el gobierno. Comparando el costo de recambio de luminaria y el ahorro energético monetizado, la introducción de la tecnología LED pareciera ser rentable para ambos sectores. Se asume que los hogares ahorran un 30% del aumento del ingreso acumulado a 2030 y consumen el 70% restante, lo que equivale a unos 73,5 millones de dólares. Para el sector gobierno no se calcula un efecto rebote derivado del ahorro neto, ya que esto requeriría hacer un ejercicio de reasignación de partidas presupuestarias que está por fuera del alcance de este documento. Notar que un efecto rebote nulo compatible con, por ejemplo, la utilización del 100% del ahorro para reducir el déficit fiscal.

Recambio de electrodomésticos

Medida. Recambio de 3 millones de heladeras de clase A y 1,5 millones de lavarropas de clase A.

Inversión. De acuerdo con la Encuesta de Productos Industriales (EPI), el pico de producción anual en los últimos años fue de 1,2 millones de heladeras y 1,5 millones de lavarropas en 2017. Asumiendo que ese valor representa la capacidad de producción real del sector y que las unidades a reemplazar se fabricarán en cinco cuotas iguales entre 2022 y 2026, se deduce que solo el sector de lavarropas podría hacer frente a las demandas de la política. En este escenario, el pico de exceso de demanda de heladeras sería de medio millón de unidades y se alcanzaría en 2026.²¹ En este ejercicio se asume que la capacidad de producción es suficiente para absorber el *shock* de demanda de la política.

Se considera entonces como *shock* de inversión solamente a los montos necesarios para la producción de los electrodomésticos a sustituir, asumiendo que de no realizarse este gasto no se produciría el recambio. El *shock* es absorbido por el sector de heladeras y lavarropas, sector que fue incorporado a la matriz en el marco de este proyecto. Los datos utilizados para esta apertura sectorial se detallan en el anexo. El *shock* de demanda requiere comparar precios y cantidades de electrodomésticos en los escenarios de i) cumplimiento de la meta y ii) BAU.

En primer lugar, debe determinarse el total de heladeras y lavarropas en ambos escenarios. El cálculo parte de los 12,7 millones de hogares en 2021, considerando una proyección de crecimiento provista por la Secretaría de Energía. De acuerdo con datos de la ENGHO 2017/18, el

²¹ Se considera el reemplazo de la política y el del mercado, tomando en cuenta a su vez que un 7% de las unidades vendidas son importadas. El cálculo de reemplazo de mercado se especifica en la siguiente subsección.

67% de los hogares tiene lavarropas, el 83% heladeras con *freezer* y el 12% heladeras sin *freezer*. Se asume que estos porcentajes se mantienen constantes a futuro.

En segundo lugar, se subdivide el total resultante de heladeras y lavarropas de 2022 de acuerdo con la etiqueta de eficiencia de los equipos. La participación de cada etiqueta dentro del total se estima a partir de los datos de la ENGHO (2017/2018) para las heladeras. Se asume que los lavarropas siguen esta misma distribución de eficiencia. De esta forma, los equipos A+++ representan el 5,6%, los A++ el 5,6%, los A+ el 5,6%, los A el 43,7%, los B el 32% y los C o menos el restante 7,5%.²²

En tercer lugar, para calcular la evolución del escenario BAU se considera la vida útil de los equipos. Se asume que los equipos ineficientes (*i. e.*, B o menos) que finalizan su vida útil son reemplazados por equipos eficientes (*i. e.*, A o más), de acuerdo con la participación actual de cada etiqueta A o más dentro de la categoría de eficientes. De esta forma, una mayor vida útil implica una menor tasa de recambio de equipos ineficientes, alargando el plazo necesario para alcanzar una composición 100% eficiente. Los parámetros utilizados de vida útil de equipos eficientes surgen de la página web de Siemens: 12 años para las heladeras y 10 para los lavarropas.²³ Se asume que los equipos ineficientes tienen una vida útil de 20 años, lo que equivale a una tasa de recambio anual del 5%. A modo de ejemplo, con estas tasas de recambio la participación de los lavarropas B o menos se reduciría del 39,5% en el año base al 22,4% en 2030.

En el escenario de cumplimiento de la meta se asume que el reemplazo se realizará en cinco cuotas iguales entre 2022 y 2026. También se asume que el 87,3% de las 3 millones de heladeras a cambiar son con *freezer*, siendo el porcentaje restante sin *freezer*.²⁴ La focalización de la política en los próximos años es importante porque, en caso contrario, en el largo plazo la propia tasa de recambio del mercado acabaría por reemplazar a los equipos ineficientes, aunque reduciendo las ganancias asociadas al ahorro energético. El reemplazo de la política se concentraría en equipos de clase A, dado que es allí donde se produce el mayor beneficio marginal, considerado el diferencial de ahorro energético y de precios. El recambio de 3 millones de heladeras se traduce en la desaparición de las heladeras sin *freezer* ineficientes en 2030, restando un 0,13% de heladeras con *freezer* ineficientes. Por su parte, con el recambio de 1,5 millones de lavarropas aún quedaría un 6,7% de equipos con etiqueta B o menos.

El *shock* de demanda de electrodomésticos es monetizado a partir de los precios relevados en febrero de 2022, expresados en dólares corrientes de 2017 y sin IVA. A su vez, se asume un descuento del 10% respecto a los valores de mercado debido a la compra masiva de equipamiento. Para cada equipo se tomaron los 10 artículos más recomendados en Mercado

²² La ENGHO (2017/18) cuenta con información sobre la antigüedad de las heladeras y su etiqueta de eficiencia energética, esto último solamente para el 22% de los hogares. Dada la baja tasa de respuesta sobre etiquetado, se asume que el porcentaje de equipos de 15 o más años de antigüedad (39,4%) corresponde a los equipos de eficiencia B o menos, mientras que el porcentaje restante a los equipos A o más. Para distribuir los totales al interior de ambas categorías se utilizan los datos de los hogares que sí conocen la eficiencia energética de su equipo. Por ejemplo, el 87% de los hogares con respuesta corresponde a heladeras con etiqueta A o A+. Al interior de este grupo, el 27,7% corresponde a los equipos A+ y el 72,3% restante a los equipos A. Por lo tanto, el porcentaje final correspondiente a la categoría A es $60,6\% * 72,3\% = 43,76\%$. Se asume que el 16,8% correspondiente a equipos A+ se divide en partes iguales entre las categorías A+, A++ y A+++.

²³ <https://www.siemens-home.bsh-group.com/es/inspiracion/blog/vida-util-electrodomesticos-para-vida-util-de-los-electrodomesticos> – Consultado: 14/02/2022.

²⁴ El valor corresponde a la participación de las heladeras con *freezer* dentro del total. La ENGHO indica que el 83% de los hogares tenía heladeras con *freezer* y el 12% heladeras sin *freezer*.

Libre, filtrándose dentro de la categoría “eficiencia energética A”. Se obtuvo el precio promedio por litro para las heladeras y el precio promedio por kilo para los lavarropas. Luego se calcularon los precios correspondientes para una heladera con *freezer* de 282 litros (412 dólares), sin *freezer* de 107 litros (351 dólares) y lavarropas de 6 kilos (363 dólares).

En el escenario de cumplimiento de la medida la demanda del sector fabricante de heladeras y lavarropas se incrementa en 1816 millones de dólares, representando un 0,42% del PBI de 2017. Esta estimación tiene en cuenta que el 7% de los equipos son importados. Este último dato corresponde a la Cámara de Fabricantes de Electrodomésticos (Cafed).²⁵

Eficiencia energética. La mayor eficiencia energética de los equipos de etiqueta A implica un mayor ahorro energético en el escenario de cumplimiento de la meta. Este ahorro se traduce en una reducción de la demanda del sector de distribución y transporte de energía. Para calcular el ahorro energético se tiene en cuenta el consumo energético de cada tipo de heladera y lavarropa, datos obtenidos del trabajo de GFA *et al.*, (2021). A modo de ejemplo, una heladera con *freezer* A+++ consume 264 kWh, mientras que la A consume 378 y la B 492. Un lavarropas A+++ consume 71 kWh, mientras que el A consume 97 y el B 170.

Para calcular el ahorro energético monetizado se utiliza la proyección del precio estacional medio de la energía. La reducción de la demanda final del sector de distribución y transporte de energía sería de 85,73 millones de dólares debido a las heladeras cambiadas y de 29,5 millones de dólares como producto de los lavarropas.

Efecto rebote. Teniendo en cuenta el costo de recambio de electrodomésticos y los precios actuales de la energía, el recambio de heladeras y lavarropas no generaría un aumento del ingreso disponible, a menos que los nuevos equipos estén financiados en un 100% por la política. En esta línea, se asume que el gobierno financia el 100% de la compra de los equipos, de forma que la variación del ingreso disponible de los hogares equivale al ahorro energético monetizado. A su vez, se asume que los hogares ahorran un 30% del aumento del ingreso acumulado a 2030 y consumen el otro 70%, unos 80,6 millones de dólares. Este gasto adicional significa un aumento de la demanda en los distintos sectores de acuerdo con su participación en el consumo final de los hogares. No se tienen en cuenta posibles impactos negativos del financiamiento de los electrodomésticos.

5. Resultados

Las simulaciones permiten analizar resultados agregados y sectoriales en empleo, producción, emisiones de GEI. Cabe recordar que los efectos de la inversión corresponden a un sendero de inversiones acumuladas en el período 2021-2030. Por su parte, los impactos en las etapas de eficiencia energética y efecto rebote corresponden al año 2030, cuando el sendero de inversiones esté finalizado. La Tabla 2 muestra los efectos totales para las medidas analizadas. Los resultados están expresados en dólares corrientes de 2021 y los porcentajes comparan los montos con los valores de referencia del 2017, año base de la matriz. En el agregado, las cinco medidas disminuyen las emisiones de GEI en 5,27 MtCO₂eq, siendo el 1,44% de las emisiones del año base. No se observa tensión entre la baja de emisiones y el nivel de actividad y ocupación. De hecho, se

²⁵ <https://www.pagina12.com.ar/387318-crece-la-venta-de-electrodomesticos> – Consultado: 14/02/2022.

estima un aumento del VBP en 0,24% (2.848 millones de USD) y del empleo en 0,17% (34.819 puestos de trabajo).

Tabla 2. Impactos totales por medida acumulados a 2030

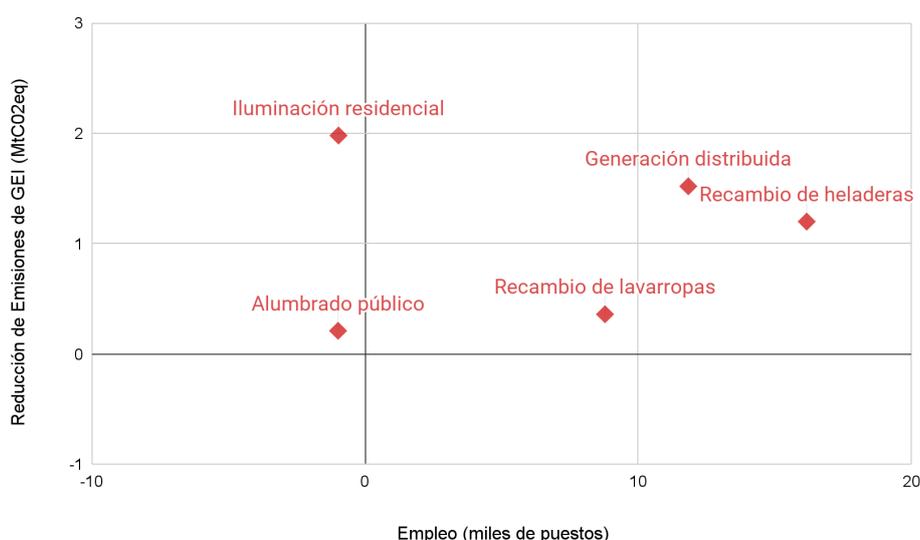
Medida	Δ Producción		Δ Empleo		Δ Emisiones GEI	
	M USD	%	#	%	Mteq	%
Generación distribuida	28	0,00%	11.829	0,06%	-1,52	-0,42%
Alumbrado público	-172	-0,01%	-984	0,00%	-0,21	-0,06%
Iluminación residencial	-304	-0,03%	-968	0,00%	-1,98	-0,54%
Recambio de lavarropas	1.080	0,09%	8.781	0,04%	-0,36	-0,10%
Recambio de heladeras	2.215	0,19%	16.160	0,08%	-1,20	-0,33%
Total	2.848	0,24%	34.819	0,17%	-5,27	-1,44%

Nota: producción corresponde al VBP en millones de USD, Empleo se expresa en puestos ocupados y Emisiones GEI en MtCO2eq (millones de toneladas de CO2 equivalente). Los porcentajes se calculan con respecto al año base correspondiente a cada variable.

Fuente: elaboración propia.

El recambio de heladeras y lavarropas genera el mayor aporte en términos de producción, explicando todo el impacto económico. En empleo el despliegue de generación distribuida explica una tercera parte del aumento de puestos, siendo que los dos tercios restantes corresponden al recambio de heladeras y lavarropas. En cambio, el 42% de la baja de emisiones se explican por la introducción de iluminación LED, seguida por generación distribuida con un 28%. En la Figura 1 se observa que algunas medidas tiene un fuerte impacto ambiental, pero un impacto económico y social nulo o negativo, como es el caso de iluminación residencial. Estas medidas pueden compensarse en el agregado con otras que contribuyan a mejorar el nivel de actividad, aun cuando puedan tener un efecto ambiental menor, como es el caso del recambio de lavarropas. Esto contribuye a lograr una transición justa haciendo sostenibles social y económicamente las medidas de eficiencia energética.

Figura 1. Reducción de emisiones de GEI y creación de empleo



Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 3 puede observarse que se corroboran los signos esperados para cada una de las etapas. La etapa de inversiones trae aparejada un crecimiento del empleo en 38 mil puestos, con un consecuente incremento de las emisiones de GEI debido al mayor nivel de actividad económica. Durante esta etapa el producto se incrementa en 4.307 millones de dólares corrientes de 2021. En la etapa de eficiencia energética encontramos una caída del empleo en más de 11 mil puestos, asociada a la reducción de la demanda de energía eléctrica y al cambio en la estructura productiva. La sustitución en el consumo de energías fósiles por energías renovables conduce a una fuerte caída de 6,15 MtCO₂eq. en las emisiones de GEI. En las figuras 2 (producción), 3 (empleo) y 4 (emisiones de GEI) se presentan estos resultados desagregados por medida y etapa de manera gráfica.

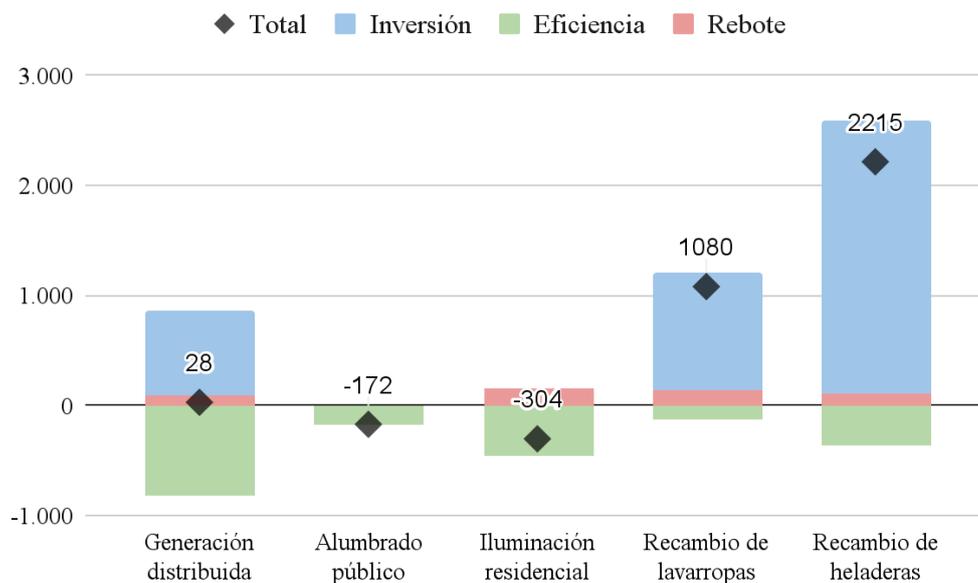
Tabla 3. Impactos totales por etapa acumulados a 2030

Medida	Inversión	Eficiencia	Rebote	Total
Δ Producción				
Generación distribuida	764	-826	91	28
Alumbrado público	0	-172	0	-172
Iluminación residencial	0	-457	154	-304
Recambio de lavarropas	1.064	-128	143	1.080
Recambio de heladeras	2.479	-371	107	2.215
Total	4.307	-1.954	495	2.848
Δ Empleo				
Generación distribuida	13.508	-2.979	1.300	11.829
Alumbrado público	0	-984	0	-984
Iluminación residencial	0	-3.493	2.525	-968
Recambio de lavarropas	7.402	-974	2.354	8.781
Recambio de heladeras	17.239	-2.830	1.751	16.160
Total	38.149	-11.260	7.930	34.819
Δ Emisiones GEI				
Generación distribuida	0,17	-1,74	0,05	-1,52
Alumbrado público	0,00	-0,21	0,00	-0,21
Iluminación residencial	0,00	-2,01	0,03	-1,98
Recambio de lavarropas	0,17	-0,56	0,03	-0,36
Recambio de heladeras	0,40	-1,63	0,02	-1,20
Total	0,75	-6,15	0,14	-5,27

Nota: producción corresponde al VBP en millones de USD, empleo se expresa en puestos ocupados y emisiones GEI en MtCO₂eq (millones de toneladas de CO₂ equivalente). Todos los valores corresponden a variaciones absolutas respecto al año base.

Fuente: elaboración propia.

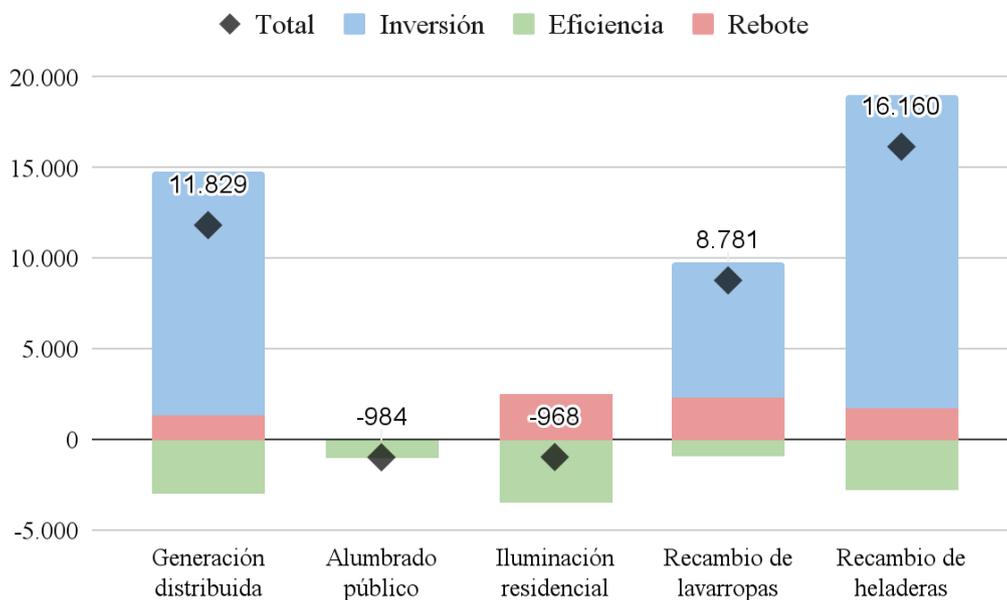
Figura 2. Impactos totales en producción por etapa acumulados a 2030



Nota: producción corresponde al VBP en millones de USD. Todos los valores corresponden a variaciones absolutas respecto al año base.

Fuente: elaboración propia.

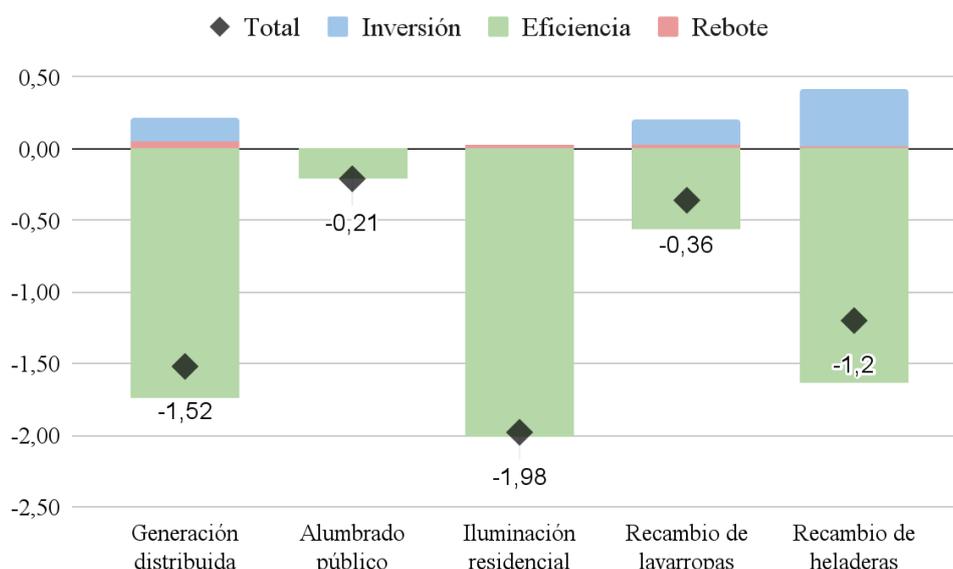
Figura 3. Impactos totales en empleo por etapa acumulados a 2030



Nota: empleo se expresa en puestos ocupados. Todos los valores corresponden a variaciones absolutas respecto al año base.

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Impactos totales en emisiones de GEI por etapa acumulados a 2030



Nota: emisiones de GEI se expresa en MtCO₂eq (millones de toneladas de CO₂ equivalente).

Todos los valores corresponden a variaciones absolutas respecto al año base.

Fuente: elaboración propia.

En el balance final del escenario de generación distribuida vemos un leve aumento del VBP (28 millones de dólares), con significativos aumentos de los puestos de trabajo por la instalación de los paneles (13.508 empleos), mientras que las pérdidas de empleo de la etapa de eficiencia energética (-2.979) son compensadas en gran medida por el efecto rebote (1.300 puestos). La reducción de emisiones (-1,52 MtCO₂eq) es explicada principalmente por el ahorro por la sustitución de energías fósiles.

Como se indicó anteriormente, la etapa correspondiente a la inversión no se considera en luminarias. En la etapa de eficiencia energética encontramos una caída del empleo de casi 3.500 puestos en residencial y 984 en alumbrado público, en ambos casos asociadas a la reducción de la demanda de energía eléctrica. La reducción en el consumo de energía de los hogares conduce a una caída de las emisiones de 2,01 MtCO₂eq. El efecto rebote derivado del aumento del ingreso disponible equivale a 154 millones de dólares. La recuperación del empleo durante este período no es suficiente como para compensar la reducción durante la etapa de eficiencia energética, siendo de 968 la pérdida neta de puestos ocupados en el caso residencial.

Con respecto al recambio de lavarropas, en la etapa de inversión se crean 7.400 empleos asociados a la fabricación y en la de eficiencia energética caen 974 puestos en un contexto de moderada reducción de la demanda de energía eléctrica que reduce las emisiones de GEI, aproximadamente en 0,36 MtCO₂eq. El efecto rebote derivado del aumento del ingreso disponible de los hogares equivale a 143 millones de dólares. El impacto es menor al de las heladeras, debido a la menor cantidad reemplazada y a los precios de los electrodomésticos considerados. En el recambio de heladeras la disminución de emisiones es de 1,20 MtCO₂eq y genera poco más de 16 mil empleos (17.239 por el gasto de producción, -2.830 por eficiencia energética y 1.751 por efecto rebote).

Teniendo en cuenta un posible escenario de 10% de crecimiento económico (y de las emisiones) en el período 2017-2030, el paquete de medidas contribuiría en un 11,56% a la reducción de

emisiones necesaria para alcanzar la meta de 349 MtCO₂eq en 2030 establecida en la Contribución Determinada Nacional.²⁶

La Tabla 4 muestra los impactos sectoriales del paquete de medidas en conjunto sobre el VBP, el empleo y las emisiones. El sector de distribución y transporte de energía concentra la mayor caída en producción (-620 millones de dólares), seguido por generación (-390) y petróleo y minería (-127). Los aumentos de VBP más importantes se concentraron en el sector de producción de heladeras y lavarropas (2.016 millones de dólares) y maquinaria y equipo (868 millones de USD).

Tabla 4. Impactos totales por sector acumulados a 2030

Sector	Producción	Empleo	Emisiones
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	17	354	0.04
Minería y petróleo	-127	-287	-0.13
Manufacturas de origen agropecuario	62	836	0.00
Prod. metálicos y maquinaria y equipo	868	7,751	0.12
Heladeras y lavarropas	2,016	6,085	0.00
Otras industrias manufactureras	117	1,142	0.06
Generación de energía eléctrica	-390	-3,133	-5.46
Distribución de agua, electricidad y gas	-620	35	0.02
Construcción	327	9,898	0.04
Comercio, restaurantes y hoteles	320	7,204	0.00
Transporte y comunicaciones	79	899	0.04
Servicios financieros y empresariales	98	1,244	0.00
Adm. pública, enseñanza y salud	60	1,692	0.00
Otros servicios	18	1,096	0.00
Total	2,848	34,819	-5.27

Nota: los sectores presentados en la tabla corresponden a una agregación sectorial de los sectores de la Tabla 1. Producción corresponde al VBP en millones de USD, Empleo se expresa en puestos ocupados y Emisiones GEI en MtCO₂eq (millones de toneladas de CO₂ equivalente). Todos los valores corresponden a variaciones absolutas respecto al año base.

Fuente: elaboración propia.

La creación de empleo se explica por construcción (9.889 puestos de trabajo), productos metálicos y maquinaria y equipo (7.751), comercio (7.204) y heladeras y lavarropas (2.016). El impacto en construcción se explica en gran parte por los encadenamientos derivados de la

²⁶ El porcentaje surge de dividir la contribución de las políticas (6,01) por la reducción de emisiones necesarias para alcanzar la meta en un escenario de crecimiento del 10% con respecto a las emisiones de 2017 (401-349). La contribución tiene en cuenta la reducción de emisiones en 2030 en las etapas de eficiencia energética y el efecto rebote, siendo que el sendero de inversiones ya estará completado.

instalación de paneles, mientras que los puestos de comercio a la venta de electrodomésticos Las pérdidas están concentradas en el sector de generación de energía eléctrica (-3.133).²⁷

Por la propia naturaleza de los escenarios, la baja de emisiones se aglutina en el sector de generación, debido a la sustitución de energía fósil (-5,46 MtCO₂eq).

6. Conclusiones

Actualmente existen múltiples incertidumbres en cuanto a la viabilidad económica y social de la implementación de políticas que afecten a recursos energéticos distribuidos en Argentina. Con el propósito de buscar medidas tendientes a cumplir con los objetivos cada vez más ambiciosos de reducción de emisiones de GEI, en este documento se cuantificó el impacto económico, social y ambiental acumulado a 2030 de distintas medidas que afectan recursos energéticos distribuidos. Se consideraron metas concretas asociadas a la instalación de potencia para generación distribuida, la cobertura de luminarias eficientes a nivel residencial y de alumbrado público y el financiamiento del recambio de heladeras y lavarropas.

Para ello se utilizó un modelo de insumo-producto calibrado en base a los datos de la MCS de Argentina 2017, aunque extendida a 38 sectores que incluyen aquellos que son necesarios para analizar medidas de eficiencia energética y el ingreso de energías renovables.

Se diseñaron escenarios desglosados en tres etapas que permiten dar cuenta del origen de la generación de empleo y la reducción de emisiones: (i) la inversión en infraestructura, (ii) la mejora de eficiencia energética en sí misma y, por último, (iii) el denominado efecto rebote impulsado por la demanda de bienes y servicios y por el ahorro de costos.

Debe advertirse que los escenarios presentados y analizados son susceptibles a los supuestos realizados. Evaluar los aspectos económicos de la mayor penetración de estas tecnologías no es sencillo. Un análisis costo-beneficio será muy sensible a las suposiciones e incertidumbres acerca del futuro desarrollo tecnológico y de las políticas de apoyo. De todas formas, el modelo insumo-producto permitiría calcular fácilmente múltiples escenarios alternativos que incorporen, por ejemplo, el efecto de una reducción tendencial del precio de instalación de paneles solares o un aumento de las tarifas eléctricas.

El análisis realizado también podría extenderse considerando algunos impactos indirectos de las medidas que fueron omitidos. A modo de ejemplo, a partir de valores de referencia provistos por la Secretaría de Energía se estima un costo de desguace del 26% del costo de las heladeras y lavarropas. Este impacto no fue internalizado en las simulaciones, aunque se reconoce que sería relevante incorporar los costos y beneficios asociados al reciclaje de componentes.

La construcción de una metodología ayuda no solo a cumplir el objetivo final de obtener estimaciones de las variables de interés, sino también a organizar un esquema de análisis y determinar los requerimientos de información necesarios para la elaboración y seguimiento de medidas. En este sentido, reconocemos que, por ejemplo, un mejor análisis de los escenarios de luminarias y electrodomésticos demandaría más información sobre la capacidad de producción

²⁷ Se asumió que la menor demanda en los sectores energéticos de distribución y transporte de energía, generación nuclear y generación Hidroeléctrica no redundaba en una reducción de su empleo. Esto se debe a que la mayoría de sus costos son fijos, siendo que el *driver* del empleo es la cantidad de usuarios y/o la potencia instalada y no la energía demandada. De esta forma, no hay motivo para suponer que el ahorro energético genere grandes pérdidas de empleo en estos sectores.

nacional. También sería necesario contar con mejores indicadores sobre la composición de los distintos parques según las etiquetas de eficiencia energética, siendo que los últimos datos corresponden a la ENGHO 2017/18.

Los principales resultados muestran que en el agregado las medidas disminuyen las emisiones de GEI acumuladas a 2030 en 5,27 MtCO₂eq. Teniendo en cuenta un posible escenario de 10% de crecimiento económico (y de las emisiones) en el período 2017-2030, las medidas contribuirían en un 11,56% de las reducciones necesarias para alcanzar la meta de 349 MtCO₂eq en 2030 establecida en la NDC. En el agregado no se observa tensión entre la baja de emisiones y el nivel de actividad. En concreto, se estima un aumento del VBP en 0,24% (2.848 millones de dólares) y del empleo en 0,17% (34.819 puestos de trabajo).

Las tensiones sí aparecen al considerar los impactos sectoriales. En este sentido, las medidas estudiadas permiten discernir su aplicabilidad y la potencial necesidad de acciones suplementarias para compensar posibles efectos adversos. En particular, los principales ganadores de las medidas serían los sectores asociados a la inversión inicial. Se crearían nuevos puestos de trabajo principalmente en los sectores de maquinaria y equipo y servicios de construcción. Por su parte, los mayores perdedores serían los sectores asociados a la generación y distribución de energía de origen fósil, siendo que las medidas repercuten negativamente sobre su actividad económica.

Sin duda en términos ambientales las medidas resultan insuficientes en comparación con las reducciones de emisiones necesarias en Argentina. Sin embargo, estos escenarios son una vía útil para identificar medidas que pueden ser escaladas y complementadas con otras en un plan estratégico para el alcance final de la meta final de reducción de emisiones en el marco de una transición energética justa.

Referencias

Alberio, P., Aliano, M., y Guzowski, C. (2020). Análisis Multicriterio de las medidas de mitigación incluidas en los Planes de Acción Sectoriales de Cambio Climático que permitan la implementación de la NDC argentina. Buenos Aires: Banco Mundial.

Allan, G., Eromenko, I., Gilmartin, M., Kockar, I., & McGregor, P. (2015). The economics of distributed energy generation: A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 543–556.

Bouckaert, S., Pales, A. F., McGlade, C., Remme, U., Wanner, B., Varro, L., & Spencer, T. (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.

Chisari, O. O., Mercatante, J. I., Ramos, M. P., y Romero, C. A. (2020). Estimación y calibración de una Matriz de Contabilidad Social para la economía argentina de 2017. Proyecto “Modelando impactos potenciales del impuesto a las emisiones de carbono en Argentina. PMR Argentina.” Banco Mundial.

ECONOLER. (2020). Apoyo a la hoja de ruta para diseñar un esquema de certificados de eficiencia. Buenos Aires: Banco Mundial.

Font Vivanco, D., McDowall, W., Freire-González, J., Kemp, R., & van der Voet, E. (2016). The foundations of the environmental rebound effect and its contribution towards a general framework. *Ecological Economics* 125, 60–69. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.02.006>

Garrett-Peltier, H. (2017). Green versus brown: Comparing the employment impacts of energy efficiency, renewable energy, and fossil fuels using an input-output model. *Economic Modelling*, 61, 439-447.

Gerarden, T. D., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2017). Assessing the energy-efficiency gap. *Journal of Economic Literature*, 55(4), 1486-1525.

GFA Consulting Group; Fundación Bariloche; Fundación CEDDET, y EQONixus. (2021). “Eficiencia Energética en Argentina”, apostando por conformar un sector energético más sostenible y eficiente en Argentina. Propuesta del Plan Nacional de Eficiencia Energética Argentina. https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/09011503_PropuestaPlaNEEAR.pdf

Greening, L. A., Greene, D. L., & Difiglio, C. (2000). Energy efficiency and consumption-the rebound effect--a survey. *Energy policy*, 28(6-7), 389-401.

Hansen J. P. y Percebois, J. (2011). Energía: Economía y Políticas, Buenos Aires: Fundación T. Di Tella.

International Energy Agency. (2020) World Energy Outlook 2020 - Analysis - IEA

Joint Research Centre. (2021). LED penetration rate of the global lighting market based on sales from 2012 to 2030. In Statista. Recuperado el 31 de enero de 2022, desde <https://www.statista.com/statistics/246030/estimated-led-penetration-of-the-global-lighting-market/>

Llop, M. (2008). Economic impact of alternative water policy scenarios in the Spanish production system: An input-output analysis. *Ecological Economics* 68(1–2), 288–294. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.03.002>

Marcó, L., y Griffa, B. (2019). Estudio comparativo de las tarifas de energía eléctrica residenciales en la Argentina. *CIEPE*, 30.

Miller, R., y Blair, P. (2009). Input-Output Analysis. Foundations and Extensions. Cambridge: Cambridge University Press.

Oliva, S. (2017). Residential energy efficiency and distributed generation - Natural partners or competition? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 932-940

International Energy Agency y Organisation for Economic Co-operation and Development. (2002). *Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets*, Paris: IEA Publications.

Plan de Acción Nacional de Energía y Cambio Climático (2017). Secretaría de Energía y Desarrollo Sostenible.

Pattison, P. M., Hansen, M., y Tsao, J. Y. (2018). LED lighting efficacy: Status and directions. *Comptes Rendus Physique*, 19(3), 134-145.

Romero, Carlos A., Ramos, M. P., Mercatante, J. I., Romero Gómez, E., y González, (S. N.) (2022). Contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC) y empleo: Análisis de escenarios futuros posibles y su impacto sobre el mercado de trabajo en Argentina. Buenos Aires; Oficina de país de la OIT para la Argentina.

Romero, C., Ramos, P., y Harari, M. (2022a). Impacto social, ambiental y económico de la adopción de Generación Distribuida de energía eléctrica. Proyecto Banco Mundial: Evaluación de Medidas de Eficiencia Energética en Argentina: un enfoque de insumo-producto. MESi-IIEP (UBA-CONICET) - World Bank report.

Romero, C., Ramos, P., y Harari, M. (2022b). Impacto social, ambiental y económico de la utilización de LED en alumbrado público e instalaciones residenciales. Proyecto Banco Mundial: Evaluación de Medidas de Eficiencia Energética en Argentina: un enfoque de insumo-producto. MESi-IIEP (UBA-CONICET). World Bank report.

Romero, C., Ramos, P., y Harari, M. (2022c). Impacto social, ambiental y económico del recambio de electrodomésticos. Proyecto Banco Mundial: Evaluación de Medidas de Eficiencia Energética en Argentina: un enfoque de insumo-producto. MESi-IIEP (UBA-CONICET). World Bank report.

Ruuth, K., Hilden, A., Rekola, J., Pakonen, P., & Verho, P. (2019). *The Impact of LED Lighting Systems to the Power Quality and Recommendations for Installation Methods to Achieve the Expected Energy Efficiency*.

Scholand, M., & Dillon, H. E. (2012). Life-cycle assessment of energy and environmental impacts of LED lighting products part 2: LED manufacturing and performance (No. PNNL-21443). Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States).

Ungar, L., Barrett, J., Nadel, S., Elliott, R. N., Rightor, E., Amann, J., & Specian, M. (2020). *Growing a greener economy: job and climate impacts from energy efficiency investments*.

US-DOE (2010). *Smart Grid Research & Development. Multi-Year Program Plan 2010-2014*. U.S. Department of Energy, Office of Electricity Delivery & Energy Reliability.

Zissis, G., Bertoldi, P., & Serrenho, T. (2021). *Update on the Status of LED-Lighting world market since 2018*. Publications Office of the European Union: Luxembourg.

Anexo

Apertura sectorial del Sector de Heladeras y Lavarropas

La simulación del escenario de recambio de electrodomésticos requiere de un sector dedicado a la producción de heladeras y lavarropas. Este sector se identifica dentro de la actividad CLANAE: Fabricación de heladeras, "*freezers*", lavarropas y secarropas (27.502). Para incorporar a la actividad a la matriz de 2017 (Chisari *et al.*, 2020), fue necesario recolectar datos sobre producción, estructura de costos, precios, empleo y emisiones del sector en ese mismo año.

Los datos de producción corresponden a la Encuesta de Productos Industriales (EPI-INDEC, 2017):

- Heladeras y *freezers*: 1.22 millones de unidades
- Lavarropas y secarropas: 1.84 millones de unidades

El precio promedio se estimó a partir de la encuesta de comercios de electrodomésticos y artículos para el hogar (INDEC, 2017):

- Heladeras y *freezers*: ARS 11.510 (2017 con IVA)
- Lavarropas y secarropas: ARS 6.069 (2017 con IVA)

El empleo se obtuvo a partir de los datos de SIPA: 4729 trabajadores registrados en Heladeras, "*freezers*", lavarropas y secarropas para el año 2017.

Las emisiones de GEI se obtienen del inventario de emisiones de 2017: 2643 tn. equivalente de CO₂ que corresponden al consumo intermedio de energía y proceso productivo de la producción de electrodomésticos. Vale la pena remarcar que este dato no hace referencia al consumo energético residencial.

La estructura de costos se estimó a partir de la participación de los componentes principales disponibles en el informe Argentina Exporta Línea Blanca (Ministerio de Producción y Trabajo 2019). El concepto de "varios" se distribuyó según distribución de la actividad Fabricación de aparatos de uso doméstico n.c.p. del Cuadro de Oferta y Utilización 2018 (INDEC).

Se considera una integración nacional del 75% en lavarropas (y Ministerio de Producción y Trabajo, 2019) y 56% en heladeras (Programa de crédito BNA). En cuanto a los impuestos, se asume misma estructura que sector Maquinaria y Equipo de la matriz 2017 (13% del VBP). Las exportaciones se obtienen a partir siguiendo la Nomenclatura Común (NCM) correspondiente (INDEC Comercio Exterior, 2017). Se asume que todo el VBP no exportado es consumido por los hogares, distribuyendo entre los deciles de ingreso de acuerdo con la distribución de consumo privado del sector de maquinaria y equipo. Los márgenes de comercialización y transporte se estiman siguiendo los márgenes del sector fabricación de aparatos de uso doméstico n.c.p. (MIP, 1997).

Sobre los Documentos de Trabajo

La serie de Documentos de Trabajo del IIEP refleja los avances de las investigaciones realizadas en el instituto. Los documentos pasan por un proceso de evaluación interna y son corregidos, editados y diseñados por personal profesional del IIEP. Además de presentarse y difundirse a través de la página web del instituto, los documentos también se encuentran disponibles en la biblioteca digital de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires, el repositorio digital institucional de la Universidad de Buenos Aires, el repositorio digital del CONICET y en la base IDEAS RePEc.



I I E P

INSTITUTO INTERDISCIPLINARIO DE ECONOMÍA POLÍTICA

Universidad de Buenos Aires | Facultad de Ciencias Económicas

Av. Córdoba 2122 - 2º piso (C1120 AAQ)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
+54 11 5285-6578 | www.iiep.economicas.uba.ar

   @iiep_oficial