



Actualización de la Hoja de ruta de Transición Energética en Argentina

Un modelo energético sostenible para Argentina al 2050

FEBRERO 2023

Han participado en el desarrollo del presente informe los siguientes profesionales de **Deloitte**:

- Cristian Serricchio (Socio)
- Damián Grignaffini (Gerente)
- Tomás Cardozo (Senior)
- Sebastián Yepez (Senior)
- Clara Mackey (Senior)

Adicionalmente se ha contado con el asesoramiento de:

- Paulo Farina (External Advisor)

Índice de contenidos

Objetivos y agradecimientos	5
Prólogo	8
Acrónimos, siglas, abreviaciones y unidades de medida	11
Resumen ejecutivo	14
Introducción	15
La lucha contra el cambio climático y el modelo argentino 2050	18
Transición energética	20
Impactos económicos y la generación de empleo a través de la descarbonización	23
Recomendaciones	24
Introducción	26
1.1 - La reducción de emisiones es un desafío global	27
1.2 - La Argentina en la lucha contra el cambio climático	28
1.3 - Intensidad energética	32
1.4 - El modelo energético en el marco de los ODS	34
1.5 - Introducción a la metodología de modelización: TIMES	34
El modelo energético argentino al 2050	37
2.1 - Vision actual de Argentina para el 2050	38
2.2 - Transformaciones necesarias en el modelo energético	40
Transición energética	44
3.1 - Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde	45
3.2 - La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes como condición habilitante	50

Índice de contenidos

3.3 - Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales	52
3.3.1 - Electrificación de los sectores residencial, comercial y público	53
3.3.2 - Sustitución de combustible en el sector industrial	56
3.3.3 - Sustitución de combustibles en el sector transporte	57
3.3.4 - Sustitución de combustibles en el sector agricultura	61
3.4 - El rol del hidrógeno verde en la descarbonización de Argentina	61
3.5 - Incentivo a modelos de producción sustentable - Sector no energético	62
3.5.1 - Sector agricultura, forestación y otros usos de suelo (AFOLU)	63
3.5.2 - Residuos sólidos	64
3.5.3 - Emisiones fugitivas	65
3.6 - Análisis de inversiones y costos en el sistema	65
3.7 - Beneficios de la descarbonización	68
Recomendaciones para una transición energética justa	72
4.1 - Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde	73
4.2 - Recomendaciones sobre eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación	80
4.3 - Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización	84
4.4 - Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de carbon pricing	88
4.5 - Recomendaciones sobre sectores no energéticos	88
Contactos	93

Objetivos y agradecimientos



Objetivos y agradecimientos

El presente informe ha sido impulsado por el Grupo Enel en Argentina y elaborado por Deloitte como una reflexión analítica y participativa sobre la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético argentino. Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética: la seguridad de suministro, la competitividad del sistema energético-económico, la compatibilidad con criterios de crecimiento y la sostenibilidad ambiental y social.

Somos conscientes de que el debate sobre la transición hacia una economía sostenible basada en tecnologías con bajas emisiones en carbono es un tema de especial relevancia para nuestra sociedad, por su innegable impacto en la sostenibilidad ambiental y económica, pero también por su especial complejidad. En este contexto, los objetivos del estudio han sido los siguientes:

- Dar una visión de largo plazo de qué supone el cumplimiento de los compromisos internacionales de reducción de emisiones de Argentina al horizonte 2050 que sirva de referencia para definir la transición hacia un escenario de carbono neutralidad.

- Desarrollar el análisis de medio plazo que guíe la necesaria transición energética, con vista en el hito intermedio de 2030, con el fin de brindar una serie de recomendaciones de políticas energéticas para una descarbonización eficiente.

Este estudio ha contado con la participación voluntaria de diversos actores de reconocido prestigio y de perfiles diversos, con el objetivo de compartir y enriquecer los puntos de partida del mismo, recoger su visión sobre las cuestiones más relevantes e identificar potenciales vías de avance hacia una Argentina sin emisiones.

Figura 1: Objetivos y alcance del estudio



Buenos Aires, 28 de noviembre de 2022

Asunto: Agradecimiento al Grupo Enel y equipo

El presente informe y los estudios que lo facilitaron han sido promovidos por el Grupo Enel Argentina y equipo de trabajo. Su colaboración y participación activa ha sido fundamental para la confección del informe respecto de la transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético argentino.

Deloitte quiere agradecer de manera especial al Grupo por haber promovido y sustentado materialmente la iniciativa; además de contribuir con expertise y el know how de iniciativas similares desarrolladas en otros países. También nos acompañó en la presentación de la misma los stakeholders argentinos, favoreciendo la difusión dentro del sector, y generando una fuerte toma de conciencia.

Atentamente,



Cristian Serricchio
Socio - Financial Advisory

Prólogo



Prólogo

Desde **Enel Argentina** ponemos a disposición el informe "Actualización de la Hoja de ruta de Transición Energética en Argentina: Un modelo energético sostenible para Argentina al 2050", realizado por Deloitte con la participación de instituciones públicas, privadas, academia y expertos del país.

Este estudio, que actualiza la versión desarrollada y publicada en el año 2019, es una propuesta técnica que busca acelerar la necesaria transición hacia la descarbonización sostenible del modelo energético argentino, compartiendo y enriqueciendo los puntos de partida, recogiendo visiones sobre las cuestiones más relevantes e identificando potenciales vías de avance hacia un país sin emisiones.

Fomentamos esta iniciativa porque somos conscientes de que la transición energética no debe ser vista como un futuro posible, sino como nuestro presente y único futuro de cara a la reducción del impacto negativo que las personas e industrias tenemos en el ambiente.

Esta transformación se enmarca en el cumplimiento del objetivo nacional de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la consideración de otros aspectos clave de la política energética, como la seguridad del suministro, la competitividad del sistema energético-económico, la compatibilidad con criterios de crecimiento, sostenibilidad ambiental y social y transición justa.

Argentina cuenta con recursos naturales críticos para la transición. Posee desde los mejores factores de viento en la Patagonia, radiación solar en el norte argentino, reservas de gas para la transición mundial y recursos minerales como el litio y el cobre que deberán ser potenciados y desarrollados en un modo sostenible. Además, la posición geográfica del país permite ampliar y maximizar intercambios energéticos. Argentina se

beneficiará al sumarse a la transición global que apunta hacia la electrificación del consumo final de la energía y el desarrollo de energía generada a partir de fuentes renovables.

En ese sentido, entendemos esta Hoja de Ruta como una contribución de otra perspectiva adicional a considerar en las reflexiones y debates nacionales que se realicen en torno a la lucha contra el cambio climático. En esta búsqueda de soluciones y llamado a la acción climática, todas las partes debemos cumplir un rol: las empresas deben integrar la sostenibilidad a nivel estratégico, modificando sus procesos industriales y productivos; las personas deben replantearse sus decisiones de consumo; las políticas públicas deben fomentar un nuevo modelo de desarrollo, con metas concretas para los territorios y con una proyección a largo plazo.

Esta propuesta abierta y colaborativa, en la que estuvieron involucrados múltiples stakeholders, se llevó a cabo en tres talleres participativos, cinco mesas de trabajo, reuniones bilaterales y una serie de encuentros de discusión y validación, logrando una mirada integral y compartida de todos los aspectos necesarios para lograr un cambio sostenible y justo; entre ellos, el futuro de la matriz energética, las tecnologías de almacenamiento y generación distribuida, el rol de los combustibles fósiles en la matriz energética, la incorporación de la movilidad sostenible, el papel de la distribución, transmisión y digitalización, la eficiencia energética, el hidrógeno verde y la economía circular. Asimismo, el análisis costo-beneficio para la economía del país y un análisis del impacto en el empleo que conllevará a la reconversión laboral y la creación de nuevas ofertas de trabajo. Todo ello, aterrizado con una propuesta de escenarios y metas concretas para este proceso.

Agradecemos inmensamente a todas las personas que participaron en este estudio y a las siguientes instituciones por su colaboración:

- **AGEERA** Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de la República Argentina
- **ADEERA** Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina
- **ATEERA** Asociación de Transportistas de Energía Eléctrica de la República Argentina
- **Instituto General Mosconi**
- **CACME** Comité Argentino del Consejo Mundial de la Energía
- **CEADS** Consejo Empresario Argentino para el Desarrollo Sostenible
- **Fundación Torcuato Di Tella**
- **CARI** Consejo Argentino para las Relaciones Internacionales
- **FIUBA / CEARE** Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética
- **ADEFA** Asociación de Fábrica de Automotores

Claudio Cunha

Country Manager del Grupo Enel en Argentina

Maurizio Bezzeccheri

Country Region Latinoamérica

Acrónimos, siglas, abreviaciones y unidades de medida

Acrónimos, siglas, abreviaciones y unidades de medida

AFOLU: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

ARD: Aguas Residuales Domésticas y Comerciales

ARI: Aguas residuales Industrial

AT: Alta Tensión

BAU: Business as Usual

BEN: Balance energético nacional

CFL: Lámparas Fluorescentes Compactas

CH₄: Metano

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CO₂: Dióxido de carbono

COP21: Vigésima primera Conferencia de las Partes

COP27: Vigésimo séptima Conferencia de las Partes

COVDM: Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos del Metano

DSOs: Operadores de Sistemas de Distribución

EAT: Extra Alta Tensión

ESS: Sistema de almacenamiento de electricidad

GCF: Green Climate Fund (Fondo Verde para el Clima)

GEF: Global Environment Facility (Fondo para el Medio Ambiente Mundial)

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GLS: Servicio de iluminación General

GtCO₂eq.: Gigatonelada de dióxido de carbono equivalente

GW: Gigawatt

HFC: Gases de hidrofluorocarbono

HL: Lámparas Halógenas

HV: Hidrógeno verde

HVAC: Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

I&D: Inversión y Desarrollo

IGV: Impuesto General a las Ventas

ILO: International Labour Organization

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
IPCC: Panel Intergubernamental del Cambio Climático
IRENA: Agencia Internacional de las Energías Renovables

KCO₂: Miles de toneladas de CO₂

LCOE: Costo Nivelado de la Energía

LED: Diodo Emisor de Luz

MtCO₂eq.: Megatonelada de dióxido de carbono equivalente

MW: Megawatt

NDC: Contribución Nacionalmente Determinada

NO_x: Óxido de nitrógeno

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

ONU: Organización de las Naciones Unidas

PBI: Producto bruto interno

PFC: Perfluorocarbonos

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

PPA: Power Purchase Agreements (Contrato de suministro a largo plazo)

PRONUREE: Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía

PTAR: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

SF₆: Hexafluoruro de azufre

SICA: Sistema de Secas Intermitentes

TEP: Tonelada equivalente de petróleo

TWh: Terawatt-hora

UGEMs: Unidades de Generación Móvil

USCUSS: Uso de suelos, cambio en uso de suelos y silvicultura

USD: Dólares americanos

VEB: Vehículos eléctricos a batería

Los contenidos, análisis, conclusiones y recomendaciones descritos en este informe no tienen por qué reflejar la opinión de cada uno de los expertos participantes. Se han manifestado visiones y opiniones diversas y, en algunas ocasiones, contrapuestas, que han servido para enriquecer y contrastar los aspectos fundamentales cubiertos en el estudio.

Resumen ejecutivo



Resumen Ejecutivo

Introducción

La descarbonización como eje fundamental de la lucha contra el cambio climático tiene su principal impacto en la electrificación. Pensar una economía descarbonizada es pensar una economía altamente electrificada.

Adicionalmente, la evidencia empírica, muestra que las sociedades a medida que comienzan a satisfacer sus necesidades básicas, por un lado, demandan mayor energía, sobre todo eléctrica, y por el otro comienzan a adoptar comportamientos que muestran mayor conciencia ambiental y conductas más sustentables para el mediano y largo plazo.

Por lo tanto, la electricidad se convierte en la piedra angular sobre la que descansa tanto la mejora de las condiciones de vida de las sociedades como su sustentabilidad a mediano y largo plazo en el marco de la lucha contra el cambio climático.

De esta forma, para lograr estos dos objetivos, resulta fundamental expandir los beneficios de la electricidad, promoviendo la electrificación; abaratar su costo de manera sostenible, a través de la innovación y promoviendo una mayor presencia de fuentes de energía libres de emisiones de carbono como las renovables de bajo costo, las centrales hidroeléctricas y nucleares y otras fuentes menos contaminantes como el gas natural; y finalmente el uso eficiente y racional de esta energía adoptando nuevas conductas y tecnologías de alta eficiencia.

Con esta visión en mente, es que, Enel Argentina ha encarado la tarea de pensar en un futuro sostenible para Argentina empujada por una transición energética justa que traerá importantes oportunidades para el país.

Las oportunidades que derivarán de la transición energética son las siguientes:

a) Movilizar los recursos naturales propios que el mundo

necesita aprovechando sus ventajas competitivas y que contribuyen a la descarbonización global.

b) Proteger y adaptar sus industrias ante barreras para-arancelarias permitiéndoles formar parte de cadenas de producción abastecidas de energía limpia.

c) Crear empleo sostenible y mejorar la calidad de vida de las personas.

d) Mejorar en eficiencia e intensidad energética mediante recambio de electrodomésticos, adecuaciones en las viviendas y electrificación de usos finales logrando el avance tecnológico empujado por incentivos, y cambios en patrones de consumo que deriven en acciones en el corto plazo.

e) Reactivar la economía mediante la generación de inversiones y desarrollo productivo del país- que requerirá de previsibilidad, estabilidad jurídica y actualizaciones regulatorias

f) Promover la digitalización de las redes e incorporación de medidores inteligentes como condición habilitante para la transición energética.

g) Desarrollar la infraestructura de transporte energético que habilita el ingreso de generación eficiente y potenciar la integración regional por su posición estratégica al estar vinculado con Chile, Paraguay, Bolivia, Brasil y Uruguay maximizando el uso de la infraestructura existente y ampliándola.

h) Lograr seguridad energética y reducir sobrecostos del sistema a través de una matriz basada en recursos naturales propios.

Las oportunidades serán maximizadas si Argentina asume un rol exportador de energía y alimentos con valor agregado con su consecuente generación de divisas.

Los escenarios de transición energética que se presentan en este informe fueron elaborados utilizando la herramienta de modelización TIMES, la cual es utilizada por la Agencia Internacional de Energía y combina dos enfoques sistemáticos para modelar la energía: un enfoque de ingeniería técnica y un enfoque económico.

Construcción de Escenarios a partir de la utilización del modelo TIMES

El modelo TIMES nos ha permitido generar los resultados del presente estudio bajo la óptica de dos escenarios diferentes:

- **Escenario de Referencia:** se trata de un escenario tendencial, sin esfuerzos adicionales en medidas de mitigación de gases de efecto invernadero. Este escenario reconoce los avances tecnológicos de cara a futuro, pero no concreta esfuerzos en términos de inversiones a efectos de facilitar la lucha contra el cambio climático. Como consecuencia, las emisiones proyectadas surgen debido a un incremento en los niveles de demanda energética derivado de un crecimiento demográfico y de un mayor nivel de actividad económica, que se deriva en mayor tasa de empleo y un mayor nivel de consumo por mejoras en el salario real.

- **Escenario 1 y Escenario 2:** si bien se alimenta de los supuestos básicos establecidos para el Escenario de Referencia, en el Escenario 1 se añaden los esfuerzos en términos de políticas de mitigación para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energético. Para ello, se definen restricciones al modelo (principalmente, targets en términos de emisiones y consumos de energía por tipo de combustibles), y sobre estas premisas, el TIMES diseña una solución óptima en términos de costos, para alcanzar los lineamientos en términos de emisiones. En el Escenario 2, las políticas de mitigación aplicadas resultan más agresivas que las consideradas para definición de restricciones del Escenario 1.

La construcción de ambos escenarios contempla un mismo punto de partida, al que en el presente estudio denominamos "año base". Para este año en particular, se definen las emisiones en función de lo reportado en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y la demanda energética por sector, derivada de los Balances Energéticos Nacionales. De forma tal que al asignar el consumo energético por sector y por tipo de combustible, a los usos finales (tecnologías), el resultado proveniente de la utilización de dichos insumos, den como resultado el volumen de emisiones reportadas en

el inventario. A partir de allí, la curva de emisiones se proyecta como resultado de los criterios mencionados para cada escenario.

Sector no energético: modelización por fuera del TIMES

Tal como se menciona en el apartado anterior, el modelo TIMES se encarga de estimar las proyecciones de demanda por tipo de combustible para el sector energético (residencial, comercial, servicios públicos, transporte, industria y agricultura -en lo que refiere a uso de maquinaria agrícola-) y las emisiones de gases de efecto invernadero que resultan de dicho consumo.

En lo que refiere al sector no energético (compuesto por los subsectores Uso de Suelos, Cambio en el Uso de Suelos y Silvicultura -USCUSS-, ganadería, residuos, emisiones fugitivas y de procesos industriales), las proyecciones se realizan por fuera del modelo TIMES, y en términos de emisiones de gases de efecto invernadero.

El punto de partida (o año base) resulta de las emisiones reportadas en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI). A partir de allí, la proyección de emisiones se rige por los siguientes lineamientos:

- **Escenario de Referencia:** al no realizarse esfuerzos adicionales en términos de implementación de políticas de mitigación, las emisiones derivadas del sector no energético tenderán a incrementarse. El indicador (o indicadores) que incidirá en el incremento de las emisiones, dependerá de cada subsector. En el caso de las emisiones derivadas del sector USCUSS, estará dado por el incremento en el nivel de actividad económica, pues un mayor despliegue de la actividad agrícola, sin reconocer la implementación de mejores prácticas, llevará inexorablemente a una mayor degradación de la tierra, eliminación de pastizales (que funcionan como sumideros de carbono) y mayor nivel de deforestación (en parte, para seguir sustentando el consumo de leña en el sector residencial donde, tanto por crecimiento demográfico como por mayor poder de consumo, la utilización de la leña como insumo debiera verse incrementado). Mismo comportamiento podrá evidenciarse en el sector ligado a la ganadería, donde

el mayor nivel de actividad económica llevará al crecimiento del ganado y, por tanto, a un mayor volumen de emisiones de gas metano. Por su parte, las emisiones fugitivas y de procesos industriales, seguirán la trayectoria de las emisiones del sector industrial (dentro del sector energético). Por último, las emisiones derivadas de la gestión de residuos, estará íntimamente ligada al crecimiento demográfico y el mayor nivel de consumo.

• **Escenario 1 y Escenario 2:** sobre la trayectoria de las emisiones proyectadas en el escenario de referencia, las políticas de mitigación (sobre las cuales ahondaremos en el capítulo 3) nos permite fijar restricciones a las emisiones estimadas para el escenario de referencia. De este modo, la curva de emisiones de los diferentes subsectores estará definida como el resultante de la diferencia entre las emisiones proyectadas en el escenario de referencia y el potencial de mitigación de cada una de las medidas propuestas para estos sectores. En el Escenario 2, las políticas de mitigación aplicadas resultan más agresivas que las consideradas para el Escenario 1 (se contempla un mayor grado de adopción de prácticas ligadas a la ganadería, agricultura y silvicultura, así como un mayor alcance en términos de políticas de reforestación).

Construcción del análisis de costo-beneficio

Para comprender la metodología implícita en la elaboración del análisis de costo-beneficio (el cual se detalla en el capítulo 3 del presente informe), es necesario definir los siguientes conceptos:

• **Costo-Beneficio unitario:** costo o beneficio neto de una medida de mitigación por cada tonelada mitigada que se deriva de realizar la diferencia entre las inversiones de capital necesarias para desarrollar la medida (CAPEX), las variaciones en los costos operativos (OPEX) y el costo social de carbono (que representa el ahorro generado por cada tonelada de CO₂eq. evitada). Cuando la variación en costos operativos (derivados de los ahorros generados por un uso eficiente de los recursos) y los ahorros generados en términos de costos social de carbono superan a la inversión de capital requerida (CAPEX), entonces decimos que la medida genera un beneficio unitario. Caso contrario, se tratará de una medida con

un costo neto por tonelada mitigada.

• **Costo-beneficio total por medida de mitigación:** es el resultado de multiplicar el costo-beneficio unitario de la medida de mitigación por la cantidad de toneladas de CO₂eq. mitigadas por su implementación.

• **Costo-Beneficio total:** surge de estimar el costo-beneficio neto por sector (el cual resulta de la sumatoria del costo-beneficio total por medida de mitigación aplicable a cada sector). La suma del costo-beneficio neto de los distintos sectores (incluyendo el concepto de costo social de carbono), da como resultado el costo-beneficio total de la transición energética.

En cuanto a los resultados exhibidos en el capítulo 3, se debe destacar que los valores se encuentran expresados a valor presente. Esto se debe a que las operatorias explicadas en los ítems anteriormente mencionados aplican a todos los años comprendidos en el período bajo análisis y, por tanto, los flujos se generan en diferentes períodos. A efectos de expresar los resultados a valor presente neto, se ha empleado una tasa de descuento del 10%.

Mismo procedimiento se aplica para estimar el análisis del total de inversiones de capital (CAPEX) y financiamiento a través de mecanismos de Carbon Pricing:

• **El análisis de CAPEX** implica, para cada año, multiplicar el monto total por tonelada a ser invertido para la implementación de las medidas de mitigación de los diferentes sectores por el total de toneladas de CO₂eq. mitigadas. Al realizarse esta operatoria para todo el período bajo análisis, para el cálculo de los importes a valor presente neto, se aplica también la tasa de descuento del 10%.

• **El análisis de Carbon Pricing** señala el potencial de financiar una parte del total de inversiones requeridas para materializar la transición energética mediante los mercados de carbono. Los flujos de fondo se estiman multiplicando el total de toneladas de CO₂eq. mitigadas por año por el precio al carbono de cada tonelada. Al realizarse esta operatoria para todo el período bajo análisis, para el cálculo de los importes a valor presente

neto, se aplica también la tasa de descuento del 10%.

La lucha contra el cambio climático y el modelo argentino 2050

El Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluyó como objetivo el compromiso de contener el incremento de la temperatura media de la tierra "muy por debajo de los 2°C" con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

Las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado.

En este sentido, resulta interesante destacar la posición de la ONU respecto al Acceso a la energía: *"Disponibilidad física de servicios modernos de energía para satisfacer las necesidades humanas básicas, a costos asequibles y que incluyen la electricidad y artefactos –como los artefactos para cocinar– mejorados. Estos servicios deben ser fiables, sostenibles y, de ser posible, producto de la energía renovable u otras fuentes energéticas de bajo nivel de emisiones de carbono."*

En diciembre de 2020, Argentina presentó la Segunda NDC, comprometiendo el objetivo de no superar la emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_{2e}) en 2030. La meta propuesta es absoluta, incondicional y aplicable a todos los sectores de la economía, de conformidad con el artículo 4.4 del Acuerdo de París.

Durante la Cumbre de Líderes sobre Clima, el presidente Alberto Fernández anunció un aumento en la ambición de mitigación de 2 puntos porcentuales o sea una meta actualizada de Argentina es no superar la emisión neta de 349 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_{2e}) en el año 2030. Cabe aclarar que esta es la única modificación que se hace al documento presentado en diciembre de 2020.

Si bien Argentina contribuye con algo más del 0,5% de las emisiones globales de carbono, los compromisos internacionales asumidos hacia la lucha contra el cambio climático son individuales. Resulta importante destacar que, a diferencia de otros países, Argentina no ha mejorado su Intensidad de Emisión de CO₂ en los últimos 10 años. Esto en un contexto de baja productividad relativa de la economía con grandes posibilidades de desarrollo eléctrico y de aplicación de innovación y eficiencias futuras.

Argentina emitió 368 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO_{2eq}) en el año 2016, de las cuales 195 millones provinieron de usos energéticos y los 173 millones restantes correspondieron a otros usos no energéticos.

El cambio en las formas de producción y consumo de energía entre hoy y 2050 es imprescindible para la reducción de emisiones.

Adicionalmente, la transición energética supone una gran oportunidad, debido a que la misma no solo implica incorporar nueva generación eléctrica, sino que requerirá de la duplicación o triplicación de los actuales sistemas de transporte y distribución de electricidad dado que son una condición habilitante. Obras que por sus características requerirán la contratación de una importante cantidad de personal, convirtiéndose en una fuente dinamizadora del empleo disminuyendo consecuentemente los altos niveles de desocupación actual.

En tal sentido, la transición energética es una oportunidad que con las normas adecuadas se traducirá en un incremento de inversiones, generación de empleo, garantizará la tecnología para la protección y competitividad de la industria argentina y desarrollará los vastos recursos naturales con los que el país cuenta y que son necesarios para contribuir la descarbonización mundial.

En el **Escenario de referencia** modelado arroja que las emisiones de GEI llegarían a **455 MtCO_{2eq} a 2030 y a 571 MtCO_{2eq} a 2050**. Por su parte, los **Escenarios 1 y 2, representan horizontes alternativos que permiten una reducción en términos de emisiones de gases de efecto invernadero del 46% y del 100%- logrando la**

Carbono Neutralidad respectivamente, con respecto a la proyección realizada bajo el escenario de referencia a 2050.

En el Escenario 1 se logra reducir las emisiones en todos los sectores con respecto al Escenario de referencia compensando, de esta manera, el aumento relacionado al crecimiento de la población y un mayor PBI per cápita. **En el Escenario 2, en todos los sectores que demandan energías, se hace el mayor esfuerzo factible** (en términos de costo-eficiencia) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, **compensándose el remanente de las mismas mediante la captura de carbono en el sector energético.**

Para que los esfuerzos de descarbonización sean efectivos, resulta necesario la sustitución del consumo de combustibles fósiles, de manera que su consumo no crezca o inclusive se reduzca. La opción más eficiente es promover la electrificación de la matriz energética. Si bien los biocombustibles pueden realizar un aporte adicional a la descarbonización, existen opiniones encontradas sobre el efecto neto a lo largo de su ciclo de vida, pudiendo ser el caso que no reduzcan las emisiones netas. En cambio, la **mayor penetración de energías renovables** en la matriz eléctrica **es una estrategia probada** para la reducción de emisiones y **a la vez competitiva** en términos económicos frente a otras alternativas.

La capacidad de sustitución de combustibles dependerá, en consecuencia, del avance en la electrificación de la demanda, y la incorporación de nueva generación renovable. En el **Escenario 1** el mayor consumo eléctrico permite restringir el aumento del consumo de combustibles fósiles desde los 20,35 millones de Tep de 2016 hasta 17,72 millones de Tep esperados en 2050 con una penetración del vector electricidad de 35%, mientras que en el escenario **Escenario 2**, la electricidad aumenta a 60% del consumo total, logrando que los combustibles fósiles se reduzcan en un 53% con respecto al escenario **Escenario 1**.

Los cuatro vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050 son:

• **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde:**

Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que se maximicen las inversiones en fuentes de generación de electricidad renovable, hidráulica, nuclear, conjuntamente con el desarrollo de inversiones en transporte y distribución eléctrica que resuelvan los actuales cuellos de botella que se presentan en las mismas.

• **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales:**

Existe un gran potencial de reducir emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como efficientizar procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo del carbón y del petróleo con altos niveles de emisión por combustibles bajos en emisión, como la electricidad, los biocombustibles, hidrógeno verde y en menor medida el gas natural.

• **Desarrollo de infraestructura y digitalización como condición habilitante:**

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

• **Incentivar modos de producción sustentable:**

En la industria y especialmente en la ganadería y agricultura se requiere adoptar modos de producción cada vez más sustentables, que permitan reducir el nivel de emisiones. En este sentido la incorporación de generación eólica o solar distribuida que permita la expansión del riego, y de esta forma mejorar los rendimientos de los cultivos, permitirá tanto incrementar la producción como la frontera agrícola sin incrementar las emisiones, conjuntamente con el aprovechamiento energético de las importantes cantidades de biomasa producidas por

dichas actividades.

Transición energética

El camino por recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de ambiciosos compromisos internacionales ambientales asumidos, de modo que el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones, se plasmen de forma eficaz. En este sentido, el diseño y momento de las transformaciones deberán realizarse sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético y al mismo tiempo optimizar los costos e inversiones.

Esta transición deberá avanzar sobre las cuatro grandes palancas mencionadas en el título anterior:

✔ **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde**

El piso inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica libre de emisiones a futuro debe centrarse en fomentar el uso de fuentes renovables de energía para la producción de energía eléctrica. De cara al 2050 se espera que haya una fuerte penetración de generación de fuentes renovables, considerando la reducción de costos de las tecnologías y más aún si se incluyera el costo social de la emisión de carbono.

El modelo arroja que la capacidad instalada libre de emisiones (Matriz de generación eléctrica total) proyectada para los Escenarios 1 y 2 alcanza el 49% y el 59% a 2030, respectivamente, logrando llevar el porcentaje de la generación en base a fuentes limpias al 79% y 89% en 2050.

A su vez, la complementariedad que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de incorporar la energía solar (centralizada y descentralizada) con el agregado de baterías posibilitó apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables no convencionales (eólicas y solares). En el **Escenario 1** se instalan 13,31 GW de potencia eólica y 67,04 GW de potencia solar, llegando en 2050 a un total de 13,5 GW y 67,05 GW respectivamente. Mientras que en el **Escenario 2** se instalan 78,56 GW de potencia eólica y 111,85 GW de

potencia solar, llegando en 2050 a un total de 78,75 GW y 111,86 GW respectivamente.

La mayor penetración de energía renovable variable requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de la gestión activa de la demanda, utilizando como respaldo la flexibilidad del gas y aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento, en particular las baterías y generación hidroeléctrica.

✔ **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales**

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberían estar alineados para optimizar el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

La legislación es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. La posibilidad de contar con una **Ley de Eficiencia Energética**, que logre abarcar un gran abanico de temáticas que respalden la necesidad y faciliten la promoción de la eficiencia energética y la adopción de tecnologías más eficientes como política de estado, permitiría reestructurar y potenciar el decreto nacional que declara de interés y prioridad nacional el uso racional y eficiente de la energía a través de la adecuación de los sistemas de producción, transporte, distribución, almacenamiento y consumo de la energía (Decreto 140/2007).

En lo que respecta a electrificación, sería necesario pasar de un nivel del 19% en 2016 sobre el consumo total de energía final a un nivel de 35% para el año 2050 en el Escenario 1, y del 60% en el Escenario 2. De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar el 34% en el **Escenario 1** y el 11% en el **Escenario 2**, del total del consumo de energía final, frente a una participación en 2016 sobre el total del consumo energético del 40%. Esto representa una reducción del 0,3% y 3,5% anual en el consumo de gas, como resultado del traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas.

• Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

En el año 2016 (año base), el sector residencial, comercial y público, fue responsable de la emisión de 30,98 MtCO₂ equivalentes (un 9% de las emisiones totales de Argentina), explicado principalmente como consecuencia del consumo de energía para usos térmicos.

Para reducir sus emisiones, el consumo eléctrico en este sector necesitaría aumentar hasta situarse en el 42% en el Escenario 1 y en el 90% en el Escenario 2 del consumo energético total a 2050, y el consumo de gas tendría que situarse en torno a una participación porcentual del 49% bajo los supuestos del **Escenario 1** y al 6% en el **Escenario 2**, como consecuencia de las políticas más agresivas en términos de electrificación y eficiencia. Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial y comercial, así como el Estado, para sus edificios e instalaciones públicas, necesitarán invertir en nuevos equipos para usos térmicos (ejemplo: reemplazo de calefactores tradicionales por bombas de calor), en cocinas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia. La adopción de una fuente de energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable, incluida la que incentive menores niveles de consumo y que proporcione señales adecuadas de precio que reflejen correctamente la estructura de costos de los sistemas.

• Sustitución de combustibles en el sector industrial

La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización del uso de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones. El recambio de equipamiento altamente difundido en las plantas fabriles como motores eléctricos y calderas (antiguos, de uso intensivo y de baja eficiencia media), contribuirían ampliamente en este sentido.

La implementación de dichas medidas permitirá lograr una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos – del 36% y 57% para los Escenarios 1 y 2 al 2050, respectivamente. Al mismo tiempo se avanzará en una industrialización sustentable y reducirá la brecha existente en la intensidad energética de nuestro país con relación a los países industrializados.

El hidrógeno verde puede utilizarse como sustituto del carbón, el petróleo y el gas en una gran variedad de aplicaciones. En esta actualización de la Hoja de Ruta de Transición Energética, hemos incluido el uso del hidrógeno verde a largo plazo (período 2030-2050) como vector de descarbonización dentro del **Escenario 2**. En este escenario, a 2050 se estima que aproximadamente **el 8% del consumo energético del sector industrial estará sustentado en el hidrógeno verde.**

• Sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970¹. Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para mitigar las emisiones potenciales del sector, son identificadas cinco líneas de acción. En primer lugar, políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a restringir la intensidad de CO₂ por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga.

El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. En el **Escenario 1** se proyecta una penetración de la movilidad eléctrica del 89% para 2050 del total del parque de vehículos privados a partir de su abaratamiento relativo. Por su parte, el **Escenario 2** alcanza una participación del 99% al 2050.

En lo que respecta al sector de transporte de cargas, las medidas apuntan a reducir el uso del diésel como combustible. Es por ello por lo que en el **Escenario 2** se

propone la introducción del **hidrógeno verde** como vector de descarbonización mediante el desplazamiento del diesel como combustible, lo cual representa un 16% del consumo energético del sector transporte, equivalente a un total de 1,96 millones de TEP.

Existen además oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de moverse, como puede ser el trabajo remoto. Se estima entonces para el 2050 una electrificación del 30% de los buses, en el **Escenario 1**, y del 96%, en el **Escenario 2**.

• Electrificación del sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que se produzca una revolución tecnológica en la maquinaria agrícola a nivel global que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a los que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado. Por ello, si bien en Argentina el desarrollo de maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de diseño de prototipos, la construcción del **Escenario 1** y **Escenario 2**, contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2016-2050.

Se espera que la eficiencia de maquinarias existentes y la introducción de nueva maquinaria agrícola que utilice la energía eléctrica como insumo, generen una reducción del 18% en el Escenario 1 y 78% en el Escenario 2 en las emisiones de gases de efecto invernadero respecto del Escenario Inercial al 2050.

✓ Desarrollo de la infraestructura y la digitalización como condición habilitante

La red de transmisión de Argentina está muy desarrollada en las zonas costeras del Gran Buenos Aires y el Litoral, mientras que otras regiones menos pobladas no están interconectadas y solo están conectadas por una sola línea al sistema.

La red de distribución está fragmentada. La red de distribución en Argentina es operada por una combina-

ción de compañías privadas y controladas por el Estado, con 23 DSO (Operadores de Sistemas de Distribución) y más de 400 cooperativas locales.

El despliegue de medidores inteligentes se encuentra en sus pasos iniciales, es poco extendido y está altamente desregulado, pero algunas empresas minoristas han comenzado a instalarlos en sus clientes.

Las compañías locales de distribución pública ya cuentan con varias referencias que implementan medidores inteligentes en ciudades, sin ningún marco específico.

La generación distribuida con fuentes renovables ha crecido a partir de los últimos cuatro años como consecuencia de la aprobación del marco regulatorio nacional para la generación distribuida: Ley N°27.424

–“Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica” la mayoría de las provincias han adherido a la misma.

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono.

El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada permitiendo un sistema de abastecimiento resiliente, participativo y sustentable que deberá incluir el reemplazo masivo de los medidores tradicionales a medidores inteligentes.

El sector privado puede tomar un rol activo en el desarrollo de la nueva capacidad al dictar las medidas necesarias que permitan el desarrollo de los recursos donde se podría llegar a duplicar la producción y alcanzar altos niveles de exportaciones.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables.

En el horizonte 2050, se requerirán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable (tales como los extensos recursos eólicos

1 – Fuente: IPCC - https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

de la Patagonia y las regiones del noroeste con un alto potencial solar), y para perseguir una red más interconectada que permita aumentar la confiabilidad del sistema.

Esto debe ser acompañado por la infraestructura de gas que resulta esencial para el desarrollo económico y la soberanía energética. Inversión que debe ir acompañada por un esquema de políticas para promover la generación de divisas derivadas de la actividad, además de buscar detener el decline en la producción y así reducir las importaciones del insumo.

Para lograr los objetivos de electrificación a 2050, es necesario un esfuerzo adicional ya que se requerirá expandir en un total de entre 31.883 km y 34.699 km de líneas de transporte eléctrico lo que significa duplicar el sistema de transporte eléctrico en AT actual, que permitirán despachar entre 93 y 202 GW de potencia adicional para la descarbonización de Argentina.

✔ Incentivar modos de producción sustentable (sector no energético)

El sector no energético tiene una participación del 56% (198,32 MtCO₂eq.) sobre el total de emisiones en el año base explicado principalmente por los sectores ganadería y uso de los suelos (AFOLU).

Dentro del sector ganadería las medidas de mitigación tienen que ver con la optimización en el manejo de ganado a partir de mejoras en la calidad de los alimentos y suplementos dietarios, campañas de vacunación para el ganado con el objetivo de la reducción de emisiones de gas metano e implementación de prácticas de pastoreo rotativo (de corta duración y alta densidad) que permita una mejor regeneración de pastizales que sirvan como sumideros de carbono. Además del traqueo del ganado con Caravanas Electrónicas de RFid como la normativa de la SENASA obliga.

Por su parte, para el sector uso de los suelos, las medidas están asociadas con la reducción de la tasa de forestación conforme pasan los años, el proceso de reforestación y agroforestería, la mejora en los pastizales e implementación de mejores prácticas en los usos de las tierras para el cultivo.

En los sectores de desechos y procesos industriales las medidas de mitigación impuestas promueven la generación de energía eléctrica a partir de residuos y mejora en el tratamiento de las aguas residuales, un cambio de conducta hacia la reutilización, la reducción y el reciclaje.

En conjunto con lo mencionado anteriormente, las medidas contempladas para la elaboración de los **Escenarios 1 y 2**, permiten proyectar una reducción del 55% y 112% respectivamente en términos de emisiones de gases de efecto invernadero con respecto al **Escenario Inercial** al 2050.

Impactos económicos y la generación de empleo a través de la descarbonización

A fin de alcanzar la carbono-neutralidad al 2050 se necesitará una inversión total de **USD 83,7 mil millones** abarcando todos los sectores económicos, especialmente en la transformación de la matriz eléctrica, sector transporte e incluyendo los cambios modales.

El estudio concluye que el proceso de descarbonización en el país generará un beneficio neto acumulado a valor presente de USD 45 millones en el **Escenario 2** al 2050, por encima de los USD 30 millones que permitirían alcanzar las medidas contempladas en el **Escenario 1**.

Cuando realizamos un análisis del costo-beneficio por medida de mitigación incluyendo, por un lado, el costo de implementación de los paquetes de medidas y, por otro, el beneficio generado en concepto de costo social de carbono², arribamos que el beneficio medio por tonelada de CO₂eq. es de USD 19,5 en el **Escenario 1** y de USD 13,2 en el **Escenario 2**.

Si bien el beneficio medio resulta ser más alto en el Escenario 1 en comparación con el Escenario 2 (dado el menor volumen de inversiones en el primer escenario), si contemplamos el diferencial en cuanto a MtCO₂eq. evitadas, esta tendencia se revierte en términos de beneficios medios totales tal como analizaremos en el siguiente apartado.

Esta transición permitirá un incremento neto del PBI en un 1,8%, al que, si le incorporamos la estimación de daños climáticos evitados, puede alcanzar el 3% al 2050.

Por su parte, la hoja de ruta de transición energética contempla lo establecido en el Acuerdo de París en materia de reconocimiento de la necesidad de una transición justa, la cual apunta a aumentar la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

El estudio arroja que, mediante la implementación de mejores prácticas impuestas a nivel global, se podrían crear 3,6 millones de puestos de trabajo netos en el país al 2050.

Recomendaciones

La transición energética resulta una oportunidad que tanto la administración pública, como el sector privado argentino deben aprovechar. Para esto se necesitan emprender acciones decididas para liderar el cambio de modelo energético. La lucha contra el cambio climático requiere hacer un uso estratégico de los recursos del país, cambiar patrones y modos de consumo, utilizar masivamente energías renovables y hacer esfuerzos importantes en eficiencia energética. Todo ello requiere movilizar a los distintos actores para facilitar las inversiones necesarias en generación, en infraestructuras, en I+D+i, en nuevas formas de edificación y en los usos finales de la energía. Este cambio requerirá la implicación y concientización de la sociedad en su conjunto.

“Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050”

Para ello, se vuelve necesario que se instrumenten una serie de políticas que incentiven los cambios estructurales y establezcan nuevos marcos legales y regulatorios. Una intensa coordinación de la planificación y ejecución de acciones entre las diferentes instituciones públicas será esencial para la toma de decisiones racionales y eficientes por parte de las empresas y los consumidores finales.

Para poder realizar una transición paulatina y competitiva, pero que debe ser decidida y con un compromiso de cambiar las estructuras de nuestro modelo energético, se propone un conjunto de recomendaciones para el desarrollo de una política de descarbonización.

• Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde

Recomendación 1: Contar con el desarrollo de una política energética de largo plazo a nivel federal-estatal que permita acelerar la Transición Energética asegurando el desarrollo sostenible del país.

Recomendación 2: Acelerar el desarrollo de una matriz de generación eléctrica libre de emisiones a través de una planificación de largo plazo.

Recomendación 3: Impulsar el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía como soporte del desarrollo de las energías renovables, la mejora de la calidad de servicio y reducción de costos.

Recomendación 4: Impulsar técnicas de Gestión de Demanda (Respuesta de Demanda o Demand Response) y otros programas relacionados actualizando los valores de remuneración de estos servicios.

Recomendación 5: Priorizar el desarrollo de una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes como urgencia en el corto plazo.

Recomendación 6: Propender a la integración energética con los países limítrofes reimpulsando una política regional para aprovechar los beneficios de mercados integrados.

Recomendación 7: Desarrollo de Vaca Muerta como oportunidad para contribuir a la descarbonización de las economías regionales y mundiales.

Recomendación 8: Potenciar los beneficios de la energía distribuida logrando la instrumentación completa de los beneficios de la ley de promoción de la energía distribuida, la adhesión de todas las provincias y una normalización de los precios de energía.

2 – Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO2eq. adicional de emisiones evitada.

• **Recomendaciones sobre la mejora en la intensidad energética, eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación**

Recomendación 9: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve la sanción de una Ley de Eficiencia Energética integral en el corto plazo.

Recomendación 10: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero.

• **Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización como condición habilitante de la transición energética.**

Recomendación 11: Acelerar la implementación de medidores inteligentes acompañado de un plan de comunicación por parte del gobierno sobre los beneficios de la tecnología.

Recomendación 12: Digitalizar la matriz de potencia eléctrica reconociendo el rol que cumple en la transición energética.

Recomendación 13: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda.

Recomendación 14: Buscar las sinergias entre las empresas de servicios, con el objetivo de reducir los costos de los usuarios finales.

• **Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de carbon pricing**

Recomendación 15: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectiva del costo de las emisiones.

• **Recomendaciones sobre sectores no energéticos**

Recomendación 16: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

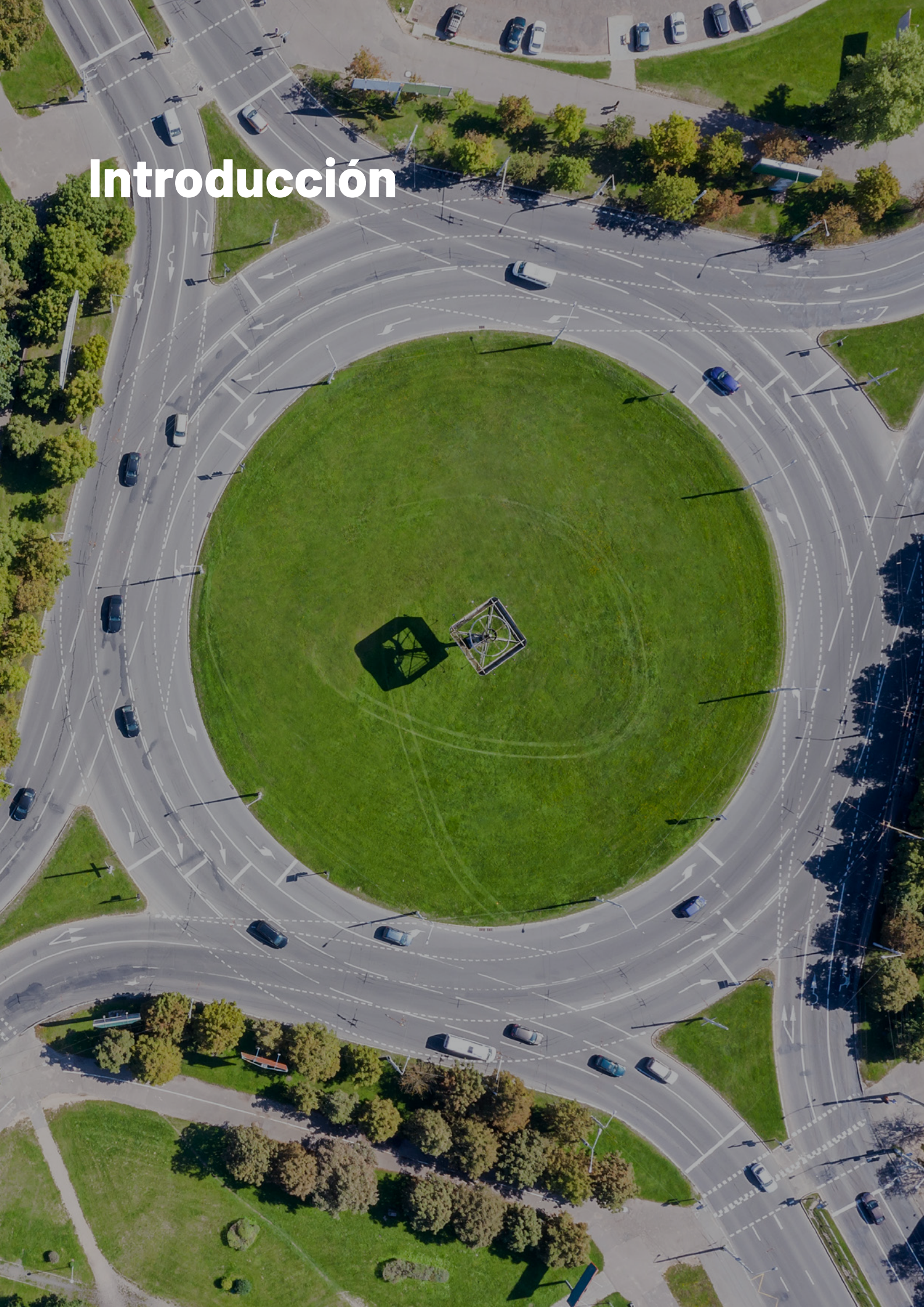
Recomendación 17: Promover la reducción de emisiones de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respecta a otros usos de los suelos.

Recomendación 18: Promover la reducción de emisiones del sector residuos y promover la economía circular en todos los sectores como acelerador transversal.

Recomendación 19: Avanzar en la promoción del desarrollo de hidrógeno verde para acelerar la transición energética.

Recomendación 20: Satisfacer la creciente demanda de energía, abordando el cambio climático y los impactos sociales y de género.

Introducción



1. Introducción

1.1 – La reducción de emisiones es un desafío global

Acuerdo de París: compromiso asumido por los países

Las conclusiones de la comunidad científica fueron el fundamento principal para que, en 2015, 196 países firmaran el Acuerdo de París³ en la Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Estos asumieron el compromiso de coordinar los esfuerzos para traducir en acción las recomendaciones científicas de limitar las emisiones, conteniendo el incremento de la temperatura de la tierra “muy por debajo de los 2°C” con respecto al nivel preindustrial, y esforzarse para limitarlo en 1,5°C, así como alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050 y 2100.

Pese a que no es jurídicamente vinculante, las partes alcanzaron un acuerdo para preparar, comunicar y mantener contribuciones nacionales en el futuro, poniendo en marcha medidas para la consecución del objetivo global planteado. Estas contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional deben ser revisadas con objetivos más ambiciosos cada cinco años, independientemente de sus respectivos plazos de aplicación. A su vez, de acuerdo con el artículo 4, párrafo 19, se invita a los países parte a formular y comunicar para ese año una estrategia de desarrollo a largo plazo con bajos niveles

de emisiones de GEI. Esta invitación responde a que las comunicaciones previstas y determinadas a nivel nacional son insuficientes para cumplir el objetivo del acuerdo, como lo muestra el último informe de brecha de emisiones a 2021⁴ emitido por las Naciones Unidas.

Existe una brecha de 15 GtCO₂eq. entre los niveles de emisión bajo la aplicación de las NDC condicionales y los coherentes con las vías de menor coste para alcanzar el objetivo de 2°C en 2030. Si sólo se aplican las NDC incondicionales la diferencia aumenta a 13 GtCO₂eq. La brecha para alcanzar el objetivo de 1,5°C es de 28 GtCO₂eq. La conclusión es que para cerrar la brecha a 2030 y alcanzar los objetivos a largo plazo de los países se requiere acelerar las acciones de corto plazo y ser más ambiciosos en los objetivos a largo plazo de los países⁵.

Uno de los principales beneficios de adoptar una economía verde es su potencial para aliviar el impacto ambiental causado por la contaminación; un beneficio de alcance global y local. A escala mundial, puede contribuir a la lucha contra el calentamiento global, la desertificación y la pérdida de biodiversidad. A nivel local y regional, la transición a una economía verde puede conducir a mejoras significativas en la calidad del aire, el agua y el suelo.

Además de los aspectos ambientales ya mencionados, una economía verde también tiene un gran potencial para conducir al crecimiento económico. En dicha transición, se crean nuevos mercados en áreas como la de los biocombustibles y las fuentes de energía renovables. Y los nuevos mercados traen ventajas internacionales con el potencial de ser financiadas completamente a través de las exportaciones, o un aumento en la actividad comercial nacional alimentada por regulaciones ambientales cada vez más estrictas.

Los países emergentes en particular pueden beneficiarse de un cambio hacia una economía verde, ya

“Por encima del calentamiento de 2°C, existe un alto riesgo de cambios climáticos irreversibles”

3 – https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf

4 – <https://www.unep.org/es/resources/emissions-gap-report-2021>

5 – https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/36991/EGR21_ESSP.pdf

que puede brindar la oportunidad de crear más ventajas económicas y sociales. Por ejemplo, al invertir en fuentes de energía alternativas, se puede mejorar el acceso a los servicios de energía y la infraestructura puede ser más eficiente. Esto también puede conducir a la disminución de la importación de energía y potencialmente a ahorrar dinero. También puede mejorar la eficiencia de los recursos ya que la producción agrícola se hará más limpia y, como consecuencia de nuevas técnicas agrícolas sostenibles, se mejorará la seguridad alimentaria. Además, las nuevas tecnologías que surgen como resultado de una economía verde ayudarán a proteger y mejorar la producción agrícola.

Invertir en una economía verde y en fuentes de energía renovables no solo conducirá a la creación de nuevos empleos⁶ sino también a beneficios en materia de población y salud ambiental, al tiempo que mejorará la seguridad energética a largo plazo.

1.2 – La Argentina en la lucha contra el cambio climático






Las emisiones de GEI en Argentina

El inventario de emisiones de GEI realizado en Argentina, estimado de acuerdo a las Directrices del

IPCC de 2006 para el año 2016, en conjunto con una estimación de datos obtenidos del modelo TIMES, arrojaron un resultado total de emisiones de 357,30 MtCO₂eq para el año base⁷, las cuales están compuestas en un 64% por emisiones de CO₂, 22% de CH₄, 13% de N₂O, y el resto emisiones de HFC, PFC y SF₆.

Al analizar las emisiones según el sector, se observa que los sectores energía, agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos constituyen casi el 94% de las emisiones de GEI totales. Las emisiones derivadas de los usos energéticos aportaron el 57% del total, concentrándose principalmente en la combustión de combustibles utilizados en la matriz energética, en el transporte, las industrias y en los hogares, en ese orden. La agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos (AFOLU por sus siglas en inglés) alcanzaron el 37% de las emisiones totales, siendo las emisiones derivadas de las emisiones indirectas generadas por la gestión de los distintos usos del suelo, los pastizales y las tierras cultivadas, seguida de la fermentación entérica del ganado la principal causa de las emisiones de esta categoría. Por último, el 6% restante se compone de las emisiones que surgen de los propios procesos productivos de la industria y los materiales que ésta utiliza, más la gestión de los residuos.

Figura 2: Inventario de emisiones GEI distribuidas por sector - año 2016 (% , MtCO₂eq.)

	 Ganadería	 Agricultura	 Transporte	 Consumo residencial	 Comercial	 Consumo industrial	 Matriz energética		
Energía	0%	1%	14%	7%	1%	13%	21%	57%	204 MtCO ₂ eq
Procesos Industriales	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	1%	5 MtCO ₂ eq
Agricultura, ganadería y usos de suelos	15%	22%	0%	0%	0%	1%	0%	37%	133 MtCO ₂ eq
Residuos	0%	0%	0%	4%	0%	1%	0%	4%	15 MtCO ₂ eq
								100%	357 MtCO ₂ eq

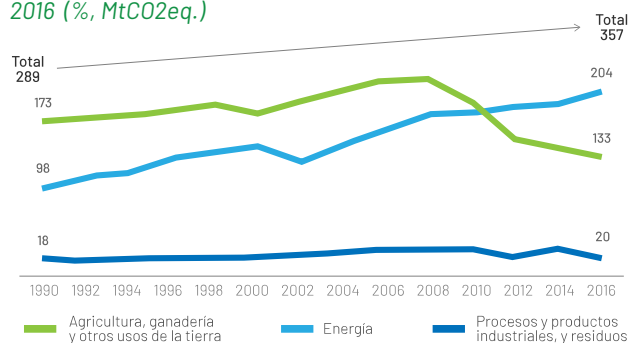
Fuente: análisis Deloitte en base a INGEI 2016 Argentina

6 – Fuente: Renewable Energy and Jobs Annual Review 2021 - IRENA

7 – Ver figura 2

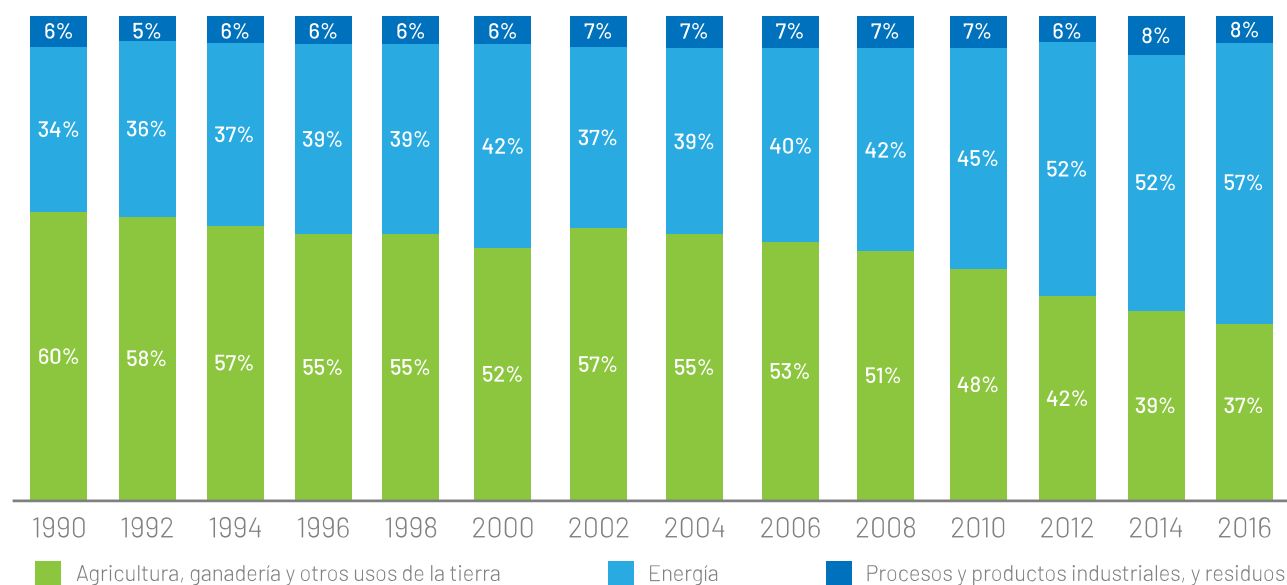
El comportamiento histórico de las emisiones desde el año 1990 muestra una tendencia creciente en el tiempo, con un aumento de 68 MtCO₂eq entre puntas⁸, sustentado en un incremento sostenido de las emisiones provenientes del sector energético, procesos industriales y residuos. En total, las emisiones crecieron a una tasa anual del 1,8%, pero las que más contribuyeron a este aumento fueron las correspondientes al sector Energía, que lo hicieron a una tasa anual del 6,1%.

Figura 3: Evolución de emisiones GEI por sector Años 2000-2016 (% , MtCO₂eq.)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 4: Evolución de emisiones GEI por sector - años 2000-2016 (% , MtCO₂eq.)



Fuente: análisis Deloitte

Contribuciones asumidas por Argentina - NDC

En diciembre de 2020, en línea con los procedimientos previstos en el Acuerdo de París de aumentar la ambición de los compromisos regularmente, se presentó la Segunda Contribución Nacionalmente Determinada (NDC), comprometiendo el objetivo de no superar la emisión neta de 359 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en 2030. La meta propuesta es absoluta, incondicional y aplicable a todos los sectores de la economía, de conformidad con el artículo 4.4 del Acuerdo de París.

Basado en la mejor ciencia disponible y reconociendo el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas a la luz de las circunstancias nacionales, durante la Cumbre de Líderes sobre Clima, el presidente Alberto Fernández anunció un aumento en la ambición de mitigación de 2 puntos porcentuales. Esto representa una reducción en la limitación de las emisiones al 2030 del 27,7% respecto a la primera NDC presentada en 2016.

Mediante esta actualización de la meta de emisiones netas de Argentina a 2030, **el nuevo objetivo es no superar la emisión neta de 349 millones de toneladas**

de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) en el año 2030⁹.

Estrategias nacionales para la lucha contra el cambio climático

En diciembre de 2019 se publicó la Ley n° 27520 de Presupuestos Mínimos de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global para garantizar acciones, instrumentos y estrategias adecuadas de mitigación y adaptación al cambio climático en todo el territorio nacional. En dicha ley se crea el Gabinete Nacional de Cambio Climático que tiene como fin articular entre las distintas áreas de gobierno de la Administración Pública Nacional, el Consejo Federal de Medio Ambiente y distintos actores de la sociedad civil, el diseño de políticas públicas consensuadas, con una mirada estratégica para reducir las emisiones de GEI y generar respuestas coordinadas para la adaptación de sectores vulnerables a los impactos del cambio climático. Como resultado de esta articulación, la ley establece que se desarrollará e implementará el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático.

Proceso de implementación de medidas de mitigación en Argentina: planes sectoriales existentes y nuevos

En los últimos años la República Argentina ha llevado a cabo planes, programas y acciones relacionados de manera directa e indirecta con la mitigación de GEI en varios sectores productivos y de consumo.

Dichos programas implican un esfuerzo de todos los sectores en adoptar nuevas prácticas y tecnologías. Por lo cual el camino hacia una economía libre de emisiones está estrechamente determinado por los avances tecnológicos, movimientos de capital y demandas sociales. En este sentido, resulta importante garantizar que este proceso se de en un marco de transición justa, beneficiando a la sociedad en su conjunto.

Fig. 5: Principales oportunidades de la transición energética para Argentina



1. Cumplimiento de compromisos asumidos contra el cambio climático y protección a la industria ante barreras para arancelarias.



2. Generación de empleo sostenible y desarrollo económico del país.



3. Movilización de los abundantes recursos naturales que el país tiene, generación de divisas tomando un rol exportador y desarrollo productivo.



4. Desarrollo de infraestructura de transporte necesaria para la incorporación de generación eficiente y eliminación de sobrecostos del sistema



5. Desarrollo tecnológico con redes digitales y medidores inteligentes como habilitantes de la transición.



6. Mejorar la eficiencia e intensidad energética del país.

9 – Gobierno de la República Argentina - https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2020/12/actualizacion_meta_de_emisiones_2030.pdf

Entre las acciones en implementación, se pueden destacar en el sector energía dos ejes fundamentales: la transición de la matriz energética y la promoción del uso racional y eficiente de la energía. En este sentido, se han desarrollado marcos normativos (Ley 27.191 de Régimen de Fomento Nacional de las Energías Renovables y Ley 27.424 de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública) y programas orientados a fomentar una mayor participación de fuentes renovables no convencionales, la energía hidroeléctrica, la energía nuclear, la sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles y la reducción de la intensidad energética del consumo.

En el sector transporte los esfuerzos se han concentrado principalmente en la optimización del sistema de transporte ferroviario, a partir de la electrificación de los trenes de cercanías y la mejora de la infraestructura de los trenes de carga. Recientemente, el Ministerio de Transporte aprobó el Plan Nacional de Transporte Sostenible, el cual tiene por objetivo impulsar la transición y eficiencia energética en el transporte para alcanzar una movilidad sostenible, que aumente la capacidad de adaptación al cambio climático. Los ejes principales tienen dentro de su meta renovar las flotas de transporte hacia la movilidad eléctrica y nuevas tecnologías. Actualmente se debate en el congreso el proyecto de ley de promoción de movilidad sustentable, que tiene dentro de sus propuestas la prohibición de comercialización a partir de 2041 de vehículos con motores de combustión interna, entre otras medidas. De ser aprobada con esta previsión, Argentina sería uno de los primeros países de la región en adoptar la tendencia a reemplazar el total de la flota actual que se observa en otras regiones.

En el sector de cambio de uso de los suelos y silvicultura (CUSS) se ha desarrollado el marco normativo e institucional para fomentar la plantación y el manejo sustentable de los bosques implantados y para establecer los presupuestos mínimos de protección ambiental para el enriquecimiento, la restauración, conservación, aprovechamiento y manejo sustentable de los bosques nativos, así como de los servicios ambientales que éstos brindan a la sociedad. Este marco institucional permitió a las provincias llevar adelante un proceso de ordenamiento territorial de los bosques nativos existentes, estable-

ciendo diferentes categorías de conservación. En este marco se creó el Fondo Nacional para el Enriquecimiento y la Conservación de los Bosques Nativos, con el fin de compensar a los tenedores privados de tierras que albergan bosques nativos por su conservación y manejo sustentable.

Dentro del marco normativo para el sector de cambio de uso de los suelos y silviculturas, se destacan:

- **Ley 27.487:** Ley promulgada en diciembre de 2018, en modificación de la anterior ley 25.080, para promover el desarrollo de proyectos de forestación a partir de incentivos económicos tales como fondos no reembolsables y beneficios fiscales a los productores que realizaran actividades de plantación, poda, raleo, manejo de rebrotes y enriquecimiento de bosques nativos en todo el país.

- **Ley 26.432:** Ley sancionada en 2008 y que extendió la vigencia de la anterior ley 25.080 mencionada por diez años más.

- **Ley 26.331:** Ley promulgada en diciembre de 2007 y reglamentada por el Decreto 91/2009. Establece los presupuestos mínimos para la protección ambiental de los bosques nativos, incluyendo un régimen de fomento y criterios para la distribución de fondos por los servicios ambientales que éstos brindan.

En el sector agricultura un hecho relevante ha sido la adopción acelerada de la "siembra directa" como sistema predominante en cultivos extensivos. En 2017, aproximadamente el 91% del área agrícola del país se encontraba bajo siembra directa, superando los 33 millones de hectáreas¹⁰. La siembra directa contribuye al cuidado de los suelos mediante la reducción de labranzas y controles mecánicos de malezas, lo que reduce las emisiones energéticas.

A su vez, para la construcción de los **Escenarios 1 y 2**, se han considerado medidas adicionales para lograr los objetivos de reducción de emisiones, abarcando todos los sectores de la economía, esto es, los sectores residencial, comercial y público, industrial, así como agrícola.

¹⁰ – Fuente: "Evolución de Siembra Directa en Argentina Campaña 2016-2017" - Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (Aapresid)

Leyes y regulaciones que ya están motivando la transición energética en Argentina

En los últimos años, Argentina ha mostrado una reacción positiva para aumentar su ambición de apoyar el objetivo global, habiendo aprobado en 2019 la Ley 27.520 de Presupuestos Mínimo de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Global. La ley reafirma los compromisos climáticos asumidos por el país a nivel internacional e impulsa el diseño e institucionalización de herramientas, instrumentos y acciones para abordar la temática tanto a nivel nacional como subnacional. Sus dos instancias de gobernanza son el Gabinete Nacional de Cambio Climático (GNCC), presidido por el jefe de Gabinete de Ministros, que tiene como fin articular las áreas de gobierno junto al Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA), donde tienen representación las Provincias. Este constituye la principal instancia de coordinación y articulación para el debate y la elaboración de políticas públicas climáticas con solvencia técnica y consensuadas, que permite integrar iniciativas anteriores como la Ley 26.093 Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles, la Ley 27.191 Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica, la Ley 27.424 el Régimen de Fomento de Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública solo para mencionar las principales leyes que están cambiando la matriz energética.

1.3 – Intensidad Energética

Contexto mundial

Paradójicamente en la actualidad nos encontramos en un momento histórico, donde el desarrollo humano y la prosperidad ha alcanzado niveles impensados hasta hace un par de centenas de años.

Dicho estado de desarrollo se da simultáneamente en un contexto de crecimiento de la población mundial, mejora de su calidad de vida y creciente progreso de la intensidad energética.

Si tomamos la definición de intensidad energética como la relación entre el consumo de energía primaria en kilogramos de petróleo equivalente y el producto interno bruto medido en dólares constantes observamos que en las últimas dos décadas se produce una mejora sostenida de aproximadamente el 2,1% promedio anual para ubicarse en 0,114 kTEP/\$15p (kilogramos de petróleo equivalente por PBI en dólares 2015) en el año 2020.

Resulta relevante destacar que la mejora en la Intensidad Energética se produce simultáneamente con una apreciable disminución en la Intensidad de Emisiones de CO₂ que alcanza aproximadamente al 2,3% anual.

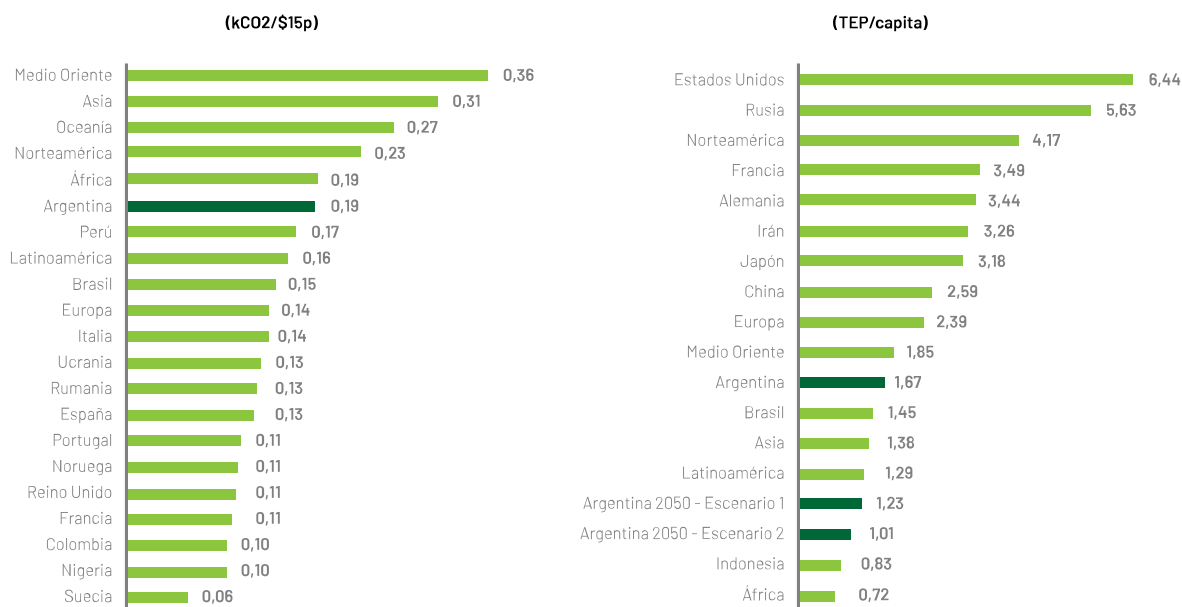
Es claro que nos encontramos en un crecimiento virtuoso, donde la riqueza mundial y la mejora de la calidad de vida de la población crece constantemente con emisiones per cápita acotadas y controladas. Destacándose como excepcional el período inmediatamente posterior a la caída del muro de Berlín en el cual el incremento del intercambio internacional actuó positivamente al difundir las mejores prácticas y tecnologías a todos los rincones del mundo.

A través de un benchmark de la intensidad energética de Argentina con relación a otros países, se observa que la intensidad energética de Argentina medida en términos per cápita se ubica por debajo del promedio a nivel global¹¹. Ello se ve reflejado en el indicador "TEP/capita" para el año 2021, que alcanza los 1,67 tep por habitante en Argentina. Se observa, además con respecto a las emisiones necesarias para producir una unidad de PBI, Argentina se encuentra un 17% por encima del promedio de Latinoamérica.



¹¹ – Ver figura 5.

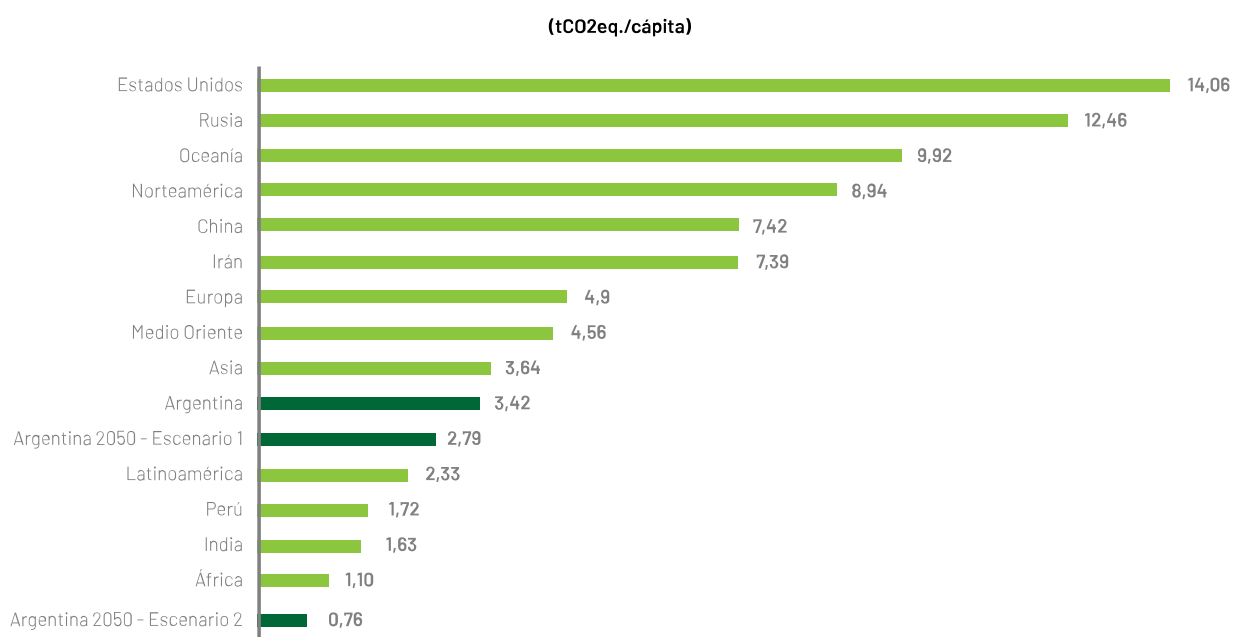
Figura 6: Emisiones requeridas por unidad de PBI e intensidad per cápita - año 2021



Fuente: análisis Deloitte en base a ENERDATA 2021

De forma análoga, a través de un benchmark de la intensidad de las emisiones de CO2 derivadas de la combustión de combustibles se observa que la intensidad de las emisiones de CO2 en Argentina – considerando el tamaño de la población – es un 47% mayor al promedio de países de Latinoamérica¹². Vale aclarar que esta afirmación sólo califica para las emisiones derivadas de la combustión de combustibles, es decir, las que corresponden al sector energético y no sobre el total de las emisiones, que no se contrastan por falta de datos homogéneos para la comparación.

Figura 7: Indicadores de intensidad de las emisiones de CO2 proveniente de la quema de combustibles - año 2021



12 – Ver figura 6.

1.4 – El modelo energético en el marco de los ODS

La agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible plantea 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), la cual fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Esta establece una visión transformadora hacia la sostenibilidad económica, social y ambiental de los 193 Estados Miembros, a la cual Argentina pertenece. Concretamente, en el ODS 7 “energía asequible y no contaminante” determina que la energía sostenible es una oportunidad que transforma vidas, economía y el planeta.

Tomando las consideraciones indicadas en el ODS 7, la energía se puede generar de diversas formas, pero la recomendación es utilizar responsable y conscientemente los recursos renovables, para reducir los impactos al cambio climático que se derivan de la quema de combustibles con alto contenido de carbono y la consecuente emisión de altas cantidades de gases de efecto invernadero (GEI).

Figura 8: Objetivos de Desarrollo Sostenible - PNUD



1.5 – Introducción a la metodología de modelización: TIMES

TIMES es una herramienta de modelización utilizada por la Agencia Internacional de Energía, que combina dos enfoques sistemáticos para modelar la oferta y el consumo de energía: un enfoque de ingeniería técnica y un enfoque económico.

La herramienta abarca todos los pasos, desde la disponibilidad de recursos primarios hasta la cadena de procesos que transforman, transportan, distribuyen y convierten la energía en el suministro de servicios energéticos que demandan los consumidores de energía. Una vez establecidos todos los insumos, las restricciones y los escenarios, el modelo intentará resolver el sistema energético que satisfaga la demanda de servicios energéticos durante el horizonte temporal con el menor coste.

Por el lado de la oferta energética, comprende la extracción de combustibles, la producción primaria y secundaria y la importación y exportación exógena. Los “agentes” del lado de la oferta energética son los “productores”. A través de diversos vectores energéticos, la energía se suministra al lado de la demanda, que se estructura sectorialmente en los sectores residencial, comercial, agrícola, de transporte e industrial. Los “agentes” del lado de la demanda de energía son los “consumidores”. Las relaciones matemáticas, económicas y de ingeniería entre estos “productores” y “consumidores” de energía son la base de los modelos TIMES.

Tecnologías

Las tecnologías son representaciones de dispositivos físicos que transforman mercancías en otras mercancías. Los procesos pueden ser fuentes primarias de materias primas, o actividades de transformación como plantas de conversión que producen electricidad, plantas de procesamiento de energía como refinerías, dispositivos de demanda de uso final como automóviles y sistemas de calefacción, etc.

Commodities

Los productos básicos (incluidos los combustibles) son portadores de energía, servicios energéticos, ma-

teriales, flujos monetarios y emisiones; un producto básico es producido o consumido por alguna tecnología.

Flujos de commodities

Los flujos de commodities son los vínculos entre los procesos y los commodities (por ejemplo, la generación de electricidad a partir del viento). Un flujo es de la misma naturaleza que una mercancía, pero está vinculado a un proceso concreto y representa una entrada o una salida de ese proceso.

Estas tres entidades se utilizan para construir un sistema energético que caracterice al país o región en cuestión. Todos los modelos TIMES tienen un sistema energético de referencia, que es un modelo básico del sistema energético antes de que se modifique sustancialmente, ya sea para una región concreta o para un escenario determinado.

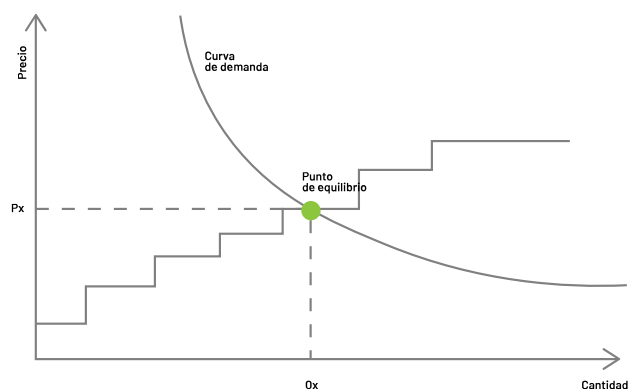
Funcionalidad

Una vez que se han colocado todas las entradas, restricciones y escenarios, el modelo intentará resolver y determinar el sistema energético que satisfaga las demandas de servicios energéticos durante todo el horizonte temporal al menor coste. Para ello, toma simultáneamente decisiones de inversión en equipos y decisiones de explotación, suministro de energía primaria y comercio de energía, por regiones. TIMES supone una previsión perfecta, es decir, que todas las decisiones de inversión se toman en cada periodo con pleno conocimiento de los acontecimientos futuros. Optimiza horizontalmente (en todos los sectores) y verticalmente (en todos los periodos de tiempo para los que se impone el límite).

Los resultados serán la combinación óptima de tecnologías y combustibles en cada periodo, obteniendo a su vez, las emisiones asociadas para satisfacer la demanda. El modelo configura la producción y el consumo de los productos básicos (es decir, los combustibles, los materiales y los servicios energéticos) y sus precios; cuando el modelo iguala la oferta con la demanda, es decir, los productores de energía con los consumidores de energía, se dice que está en equilibrio. Matemáticamente,

esto significa que el modelo maximiza el excedente del productor y del consumidor. El modelo está configurado de tal manera que el precio de producción de una mercancía afecta a la demanda de esa mercancía, mientras que al mismo tiempo la demanda afecta al precio de la mercancía. Se dice que un mercado ha alcanzado el equilibrio a precios p y cantidades q cuando ningún consumidor desea comprar menos de q y ningún productor desea producir más de q al precio p . Cuando todos los mercados están en equilibrio, se maximiza el excedente económico total (es decir, la suma de los excedentes de productores y consumidores).

Figura 9: Diagrama de equilibrio del mercado en TIMES

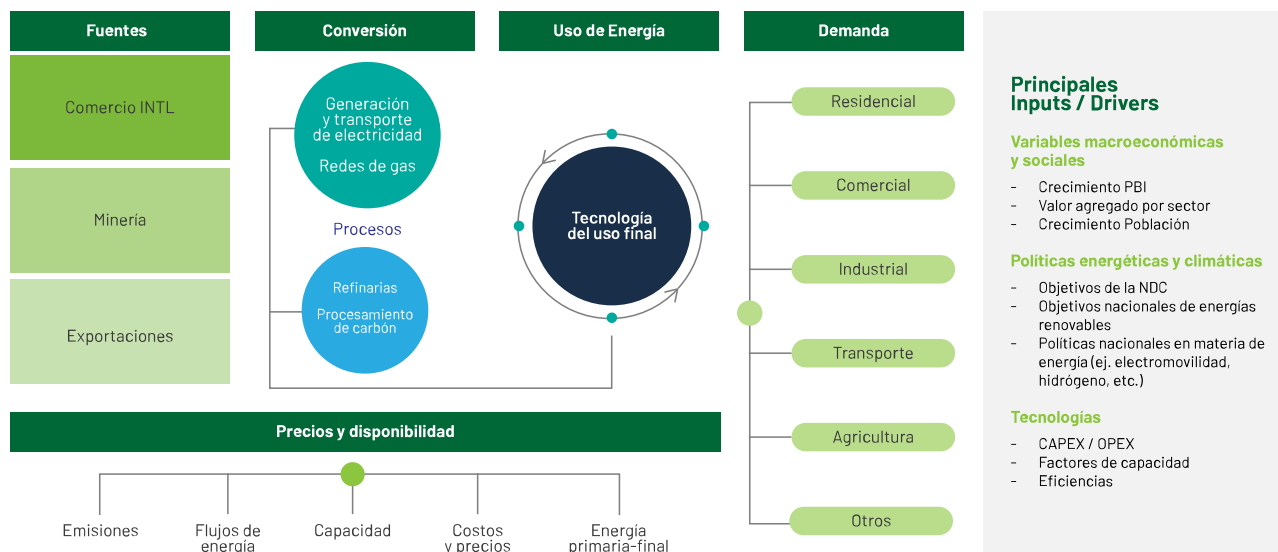


Entradas y salidas

El principal resultado de TIMES son las configuraciones de los sistemas energéticos que satisfacen la demanda de servicios energéticos del usuario final al menor coste posible, respetando al mismo tiempo las distintas restricciones (por ejemplo, una reducción del 80% de las emisiones o una penetración del 40% de la electricidad renovable). En primer lugar, el modelo TIMES responde a la pregunta: ¿es factible el objetivo? Si un sistema energético es posible, se puede examinar entonces, ¿a qué coste? Los resultados del modelo son los flujos de energía, los precios de los productos energéticos, las emisiones de GEI, las capacidades de las tecnologías, los costes de la energía y los costes marginales de reducción de las emisiones.

En la figura 10 se presentan las interacciones de toda la cadena energética en un horizonte temporal que cubre hasta 2050.

Figura 10: Esquema de inputs y drivers de TIMES



Toda esta información ha sido recopilada de diferentes fuentes oficiales que se detallan a continuación:

- Proyecciones económicas con fuente "The Economist Intelligence Unit"
- Contribución Nacionalmente Determinada (NDC)
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI)
- Balance Energético Nacional (BEN)
- Estimaciones basadas en datos derivados de los censos nacionales (INDEC)
- Datos de consumo por hogares, basado en la Encuesta Nacional de Gastos de los Hogares (ENGHo) (estudios publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina -INDEC-)
- Relevamientos del sector industrial y comercial (estudios publicados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Argentina -INDEC-)
- Cuarto Informe Bienal de Actualización (diciembre 2021) desarrollado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, a través de la Secretaría de Cambio Climático, Desarrollo Sostenible e Innovación.

El modelo energético argentino al 2050



2. El modelo energético argentino al 2050

2.1 – Visión actual de Argentina para el 2050

El presente estudio tiene como objetivo desarrollar dos escenarios posibles de transición a 2050 para una economía baja en emisiones, teniendo en consideración las condiciones iniciales del Argentina, los planes de mitigación desarrollados por las autoridades, las tecnologías disponibles o que se espera estén disponibles durante el periodo de estudio y las medidas regulatorias necesarias para que se realicen los escenarios.

“Son cuatro los vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050”

En función de la multiplicidad de opciones de mitigación disponibles, y no menos importante, la interrelación entre las mismas, estas se dividieron en cuatro vectores de descarbonización que resultan necesarios para alcanzar metas más ambiciosas al año 2050. Sin embargo, solo se consideraron medidas de mitigación a partir de tecnologías que, con la información actual, es razonable suponer que alcancen su madurez y sean viables comercialmente. Los cuatro vectores anteriormente mencionados son:

• **Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde:**

Para que la sustitución de fuentes primarias tenga un efecto duradero, es necesario que a su vez la electricidad se produzca a través de fuentes renovables. Ligado a ello, el desarrollo de infraestructuras digitales y las redes inteligentes es clave como agentes habilitadores

capaces de acomodar la introducción de una mayor proporción de fuentes renovables, incluyendo el fomento de las tecnologías distribuidas y la activa participación de los ciudadanos como prosumidores en el sistema energético.

• **Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales:**

Existe un gran potencial de reducir emisiones desacoplando el crecimiento económico del consumo de energía. Las oportunidades para reducir la intensidad energética en la producción de bienes, el potencial de ahorro de energía en el consumo residencial y sector servicios, así como la eficientización de procesos de transformación que incrementen la energía utilizada y minimicen los desperdicios. A su vez, se espera un cambio a fuentes primarias de energía con menores emisiones a través del reemplazo de los combustibles fósiles con altos niveles de emisión por fuentes alternativas de energía, así como combustibles bajos en emisión, entre ellos los biocombustibles y el gas natural.

• **Desarrollo de infraestructura y digitalización como condición habilitante:**

Además, la actualización de la infraestructura y la digitalización a partir de las nuevas tecnologías de la información son la piedra angular para la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional en donde el usuario interactúa de forma pasiva a un sistema interactivo, con una importante participación de los usuarios en la adopción de nuevas tecnologías de consumo y preferencia por las energías renovables y la generación descentralizada, dando al sistema la flexibilidad necesaria para atender eficientemente la demanda.

• **Incentivo a modelos de producción sustentables:**

En la industria y el sector primario, dada la relevancia en Argentina de la ganadería y la agricultura, los esfuerzos están concentrados en desarrollar y adoptar modos de

producción bajos en emisiones. En los próximos años se espera poder disponer de cambios tecnológicos que permitan un uso de materiales libres de emisiones para su producción, cambios en las técnicas productivas, así como el desarrollo de fuentes alternativas o nuevas de energía, entre ellas el hidrógeno y los biocombustibles, además de la energía eléctrica libre de emisiones, que permita la descarbonización de la producción.

Planificación para una transición exitosa al 2050

El camino a recorrer en la transición deberá contar con una cuidada planificación que garantice el logro de los ambiciosos objetivos ambientales, de modo que la sociedad se beneficie de los cambios disruptivos que se esperan se aceleren en el futuro inmediato, y el esfuerzo conjunto que haga toda la sociedad, así como el importante volumen de inversiones que serán movilizadas, se realice adoptando las mejores tecnologías y comportamiento disponibles de forma eficiente y eficaz. En este sentido, las transformaciones deberán realizarse sin poner en riesgo la actividad económica ni la seguridad del suministro energético, evitando duplicación de esfuerzos que no logren, al mismo tiempo, optimizar los costos e inversiones.

Además, y en términos generales, la concreción de las acciones específicas a llevarse a cabo en cada caso deberá contar al menos con las siguientes consideraciones:

- La participación de todos los sectores en la discusión y selección de las medidas más eficientes para lograr los objetivos, alcanzando un consenso sobre los pasos a seguir.
- La secuencia de implementación de las medidas deberá priorizarse según el volumen de emisiones que éstas eviten, o sobre los combustibles que más contaminen.
- Se deberá tener en cuenta la dimensión económica, eligiendo primero aquellas medidas más eficientes económicamente, en el caso de plantearse varias alternativas.
- El uso de tecnologías de transición que permitan la progresiva adopción por el mercado de otras más

limpias, a medida que se reduzcan sus costos.

- El establecimiento de metas de mediano plazo sectoriales, que permitan un monitoreo de las variables críticas y la detección de posibles desvíos.

En las siguientes secciones del informe se profundiza acerca de estos aspectos, agrupándolos por cada uno de los vectores y detallando el conjunto de medidas elegidas para la transición hacia el modelo energético a 2050.

Proceso de construcción del Escenario BAU

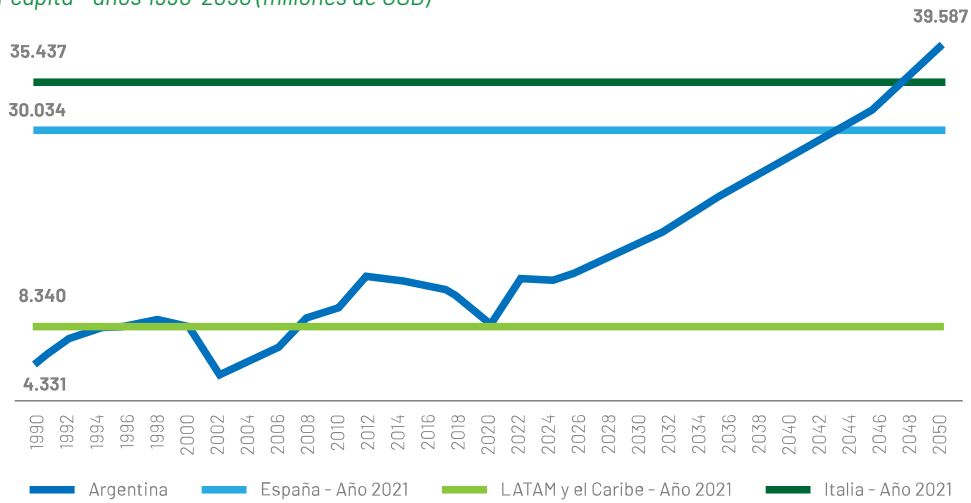
El proceso de construcción de escenarios para la evaluación del modelo energético sostenible para Argentina en 2050 requirió, necesariamente, de la elaboración de la línea de base para contrastar los resultados y los impactos de las acciones y medidas de mitigación de cambio climático para el sistema en su conjunto. **A partir de esta premisa, se simuló el escenario de referencia o “Business As Usual” el cual parte del estado de situación correspondiente al año 2016 en lo referente a la matriz productiva, energética y las emisiones (conciliando la información del balance energético nacional de dicho año con el inventario nacional de gases de efecto invernadero -INGEI-), y se proyecta a partir de información histórica para el período 2016-2021(en lo que refiere a indicadores macroeconómicos, impacto del covid-19, cambios en la matriz energética y en patrones de consumo).**

Como resultado de la proyección, siguiendo la tendencia en términos de evolución tecnológica hasta el 2050, se obtuvo que las emisiones de GEI totales alcanzarían un valor cercano a los 455 MtCO₂eq a 2030 y a 571 MtCO₂eq a 2050.

El tamaño de la economía resultante de esta proyección a 2050 permitiría lograr un ingreso per cápita para Argentina en valores superiores a los observados actualmente para países desarrollados como España e Italia¹³.

13 – Ver figura 11.

Figura 11: PBI per cápita - años 1990-2050 (millones de USD)



Fuente: análisis Deloitte en base a World Bank & The Economists Intelligence Unit (datos a 2021 e históricos)

2.2 – Transformaciones necesarias en el modelo energético

Construcción de escenarios ambiciosos de reducción de emisiones

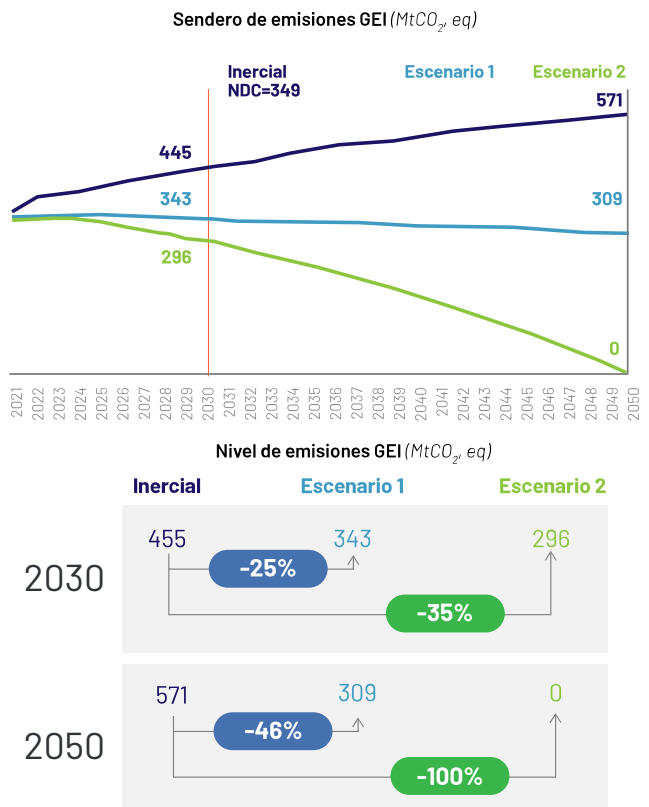
Los escenarios que se desarrollan en el presente estudio son los que denominamos **Escenario 1** y **Escenario 2**. En el **Escenario 1** se aplican medidas de mitigación y cambios en la matriz energética maximizando el potencial en todos los sectores en base a lo propuesto por las Contribuciones Nacionales. En el **Escenario 2**, por otro lado, se introducen políticas de mitigación y cambios en la matriz energética orientados a maximizar los beneficios de la descarbonización en un contexto de apoyo internacional alcanzando la carbono-neutralidad.

Los resultados obtenidos bajo los escenarios desarrollados muestran que las soluciones propuestas para la transición energética en Argentina permiten alcanzar un elevado nivel de descarbonización en el medio y largo plazo para una economía que continúa su desarrollo.

Realizando un esfuerzo incremental para descarbonizar la economía, en el 2030, las emisiones de gases de efecto invernadero se logran reducir hasta alcanzar las 309 MtCO₂eq., un 46% menor respecto al escenario de referencia (BAU). En el escenario 2 a 2050, en el cual se transforman todos los vectores actuales

de la economía, resulta factible reducir las emisiones a 0 MtCO₂eq., alcanzando la carbono-neutralidad.

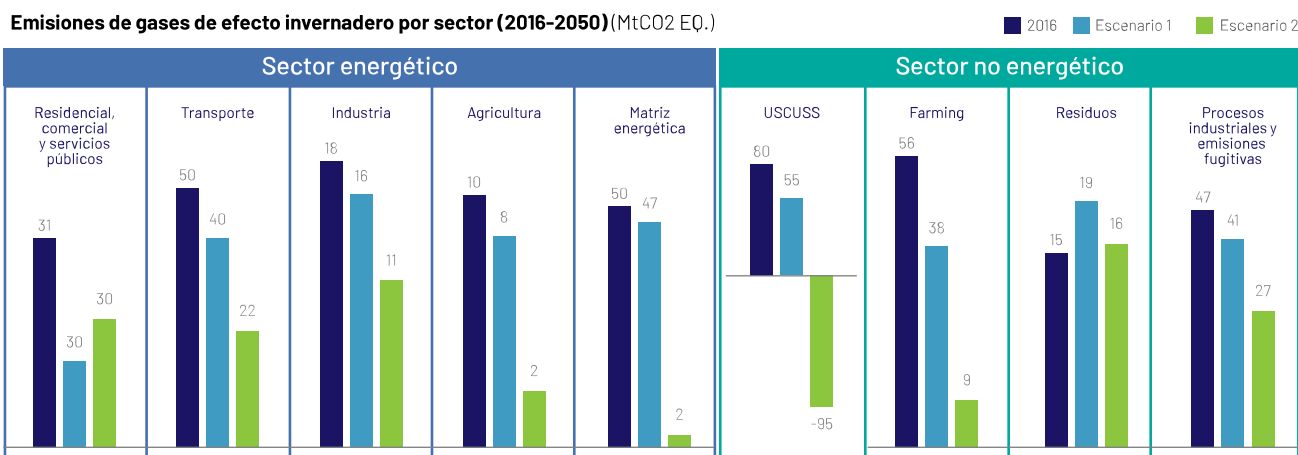
Figura 12: Sendero de emisiones de GEI (MtCO₂eq.)



Fuente: adaptado de www.energycommunity.org

En el Escenario 1 se logra reducir las emisiones en todos los sectores con respecto al escenario de referencia compensando, de esta manera, el aumento relacionado al crecimiento de la población y un mayor PBI per cápita. **En el Escenario 2 en todos los sectores que demandan energía se hace el mayor esfuerzo factible** (en términos de costo-eficiencia) para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, **compensándose el remanente de estas mediante la absorción del dióxido de carbono del medio ambiente.**

Figura 13: Emisiones de gases de efecto invernadero por sector (2016 - 2050)(MtCO2eq.)



Fuente: análisis Deloitte

Para mantener o reducir las emisiones resulta clave que se produzca un desacople del crecimiento económico del uso de la energía, reduciendo la intensidad energética sin afectar el desarrollo económico. Con respecto al **Escenario de referencia**, el consumo total de energía se reduce de 67,6 millones de TEP, dado que la tasa de aumento del consumo energético (que se da como resultado del incremento demográfico y el crecimiento de la actividad económica) es mayor a la tasa de eficientización de las tecnologías utilizadas. En el **Escenario 2** los esfuerzos para reducir la intensidad energética son generalizados pero además existe una serie de medidas destinadas específicamente a disminuir la intensidad de los sectores industriales y transporte, logrando a 2050 una reducción adicional de la demanda energética total del 17% con respecto a los resultados del **Escenario 1**.

Figura 14: Consumo energético final total a 2050 - por sector (participación %)

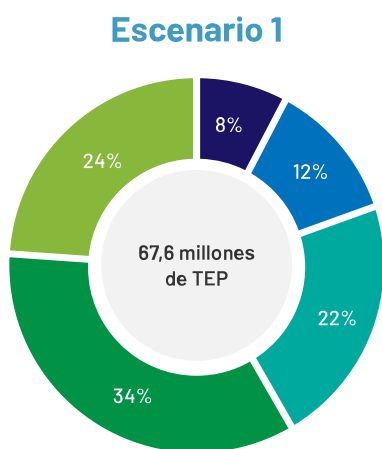
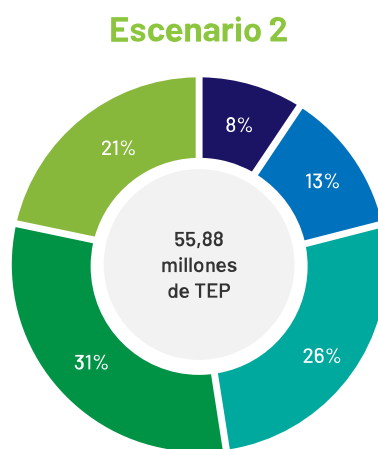


Figura 15: Consumo energético final total a 2050 - por sector (participación %)



■ Agricultura ■ Comercial y Servicios Públicos ■ Industria ■ Residencial ■ Transporte

Fuente: análisis Deloitte

Para que los esfuerzos de descarbonización sean efectivos, resulta necesario la sustitución del consumo de combustibles fósiles, de manera que su consumo no crezca o inclusive se reduzca, y con él, la reducción de la intensidad de carbono de la economía. La opción más eficiente es promover la electrificación de la matriz energética. Si bien los biocombustibles pueden realizar un aporte adicional a la descarbonización, existen opi-

niones encontradas sobre el efecto neto a lo largo de su ciclo de vida, pudiendo ser el caso que no reduzcan las emisiones netas. En cambio, la **mayor penetración de energías renovables** en la matriz eléctrica **es una estrategia probada** para la reducción de emisiones y **a la vez competitiva** en términos económicos frente a otras alternativas.

CUADRO 1. Reducción de costo de las Energías Renovables

Las tecnologías energéticas con baja emisión de carbono tienen un rol clave en la transición energética, en particular en el sector de generación, donde las tecnologías solar y eólica se presentan como opciones cada vez más competitivas a la luz de la continua disminución de sus costos.

En base al relevamiento de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) realizado en 2022¹⁴, la reducción de costos medios de instalación para la tecnología solar fotovoltaica a escala industrial fue de un 88% sólo entre 2010 y 2021, alcanzando un precio promedio de 857 USD/kW en 2021. En el caso eólico, la disminución de los costos de instalación alcanzó el 67% entre puntas, destacándose la menor dispersión de precios existentes, con un rango en 2019 que va desde los 1.325 a 2.858 USD/kW.

Figura 16: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología solar PV (USD 2021/kW)

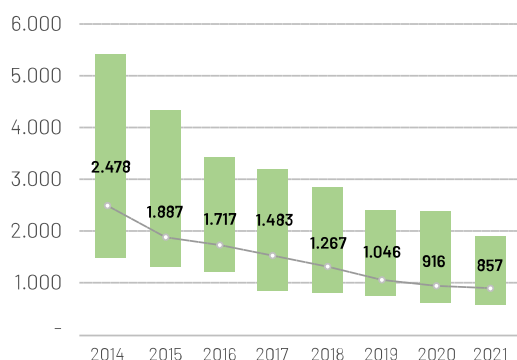
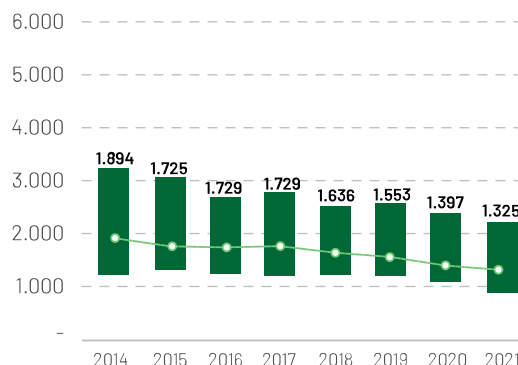


Figura 17: Costo de instalación promedio mundial de la tecnología eólica on-shore (USD 2021/kW)



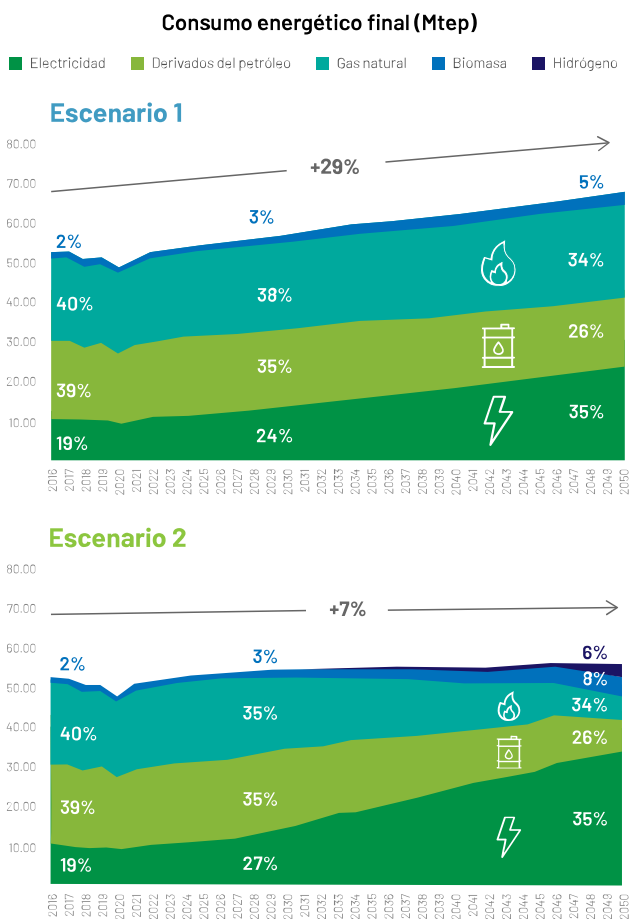
Si además se mira el Costo Nivelado de la Energía (LCOE por sus siglas en inglés), un indicador que recrea el costo esperado de firmar un contrato de suministro a largo plazo (PPA por sus siglas en inglés) la caída es aún más pronunciada. Una de las causas se debe a las mejoras técnicas que permitieron un mayor rendimiento de los equipos, como así también la mayor participación que han ido adquiriendo regiones como Asia y Sur América con factores de capacidad notablemente más elevados respecto a zonas de mayor penetración. En el caso de la fotovoltaica, el LCOE medio descendió 90% entre 2010 y los nuevos proyectos encargados para 2021, mientras que en las centrales eólicas el indicador cayó un 50% en el mismo período.

Hacia adelante IRENA ha identificado al menos tres grandes factores que permiten proyectar una nueva reducción de costos: **1) las mejoras tecnológicas**, que continúan siendo una constante en el mercado de generación de energía renovable y que irán reduciendo cada vez más los costos de instalación y aumentando el rendimiento de los equipos; **2) la adquisición en forma competitiva**, que permite beneficiarse de mejores precios a medida que aumente la escala; y **3) una gran base de desarrolladores de proyectos**, con experiencia internacional que busca activamente nuevos mercados.

14 – Fuente: IRENA Renewable Power Generation Costs in 2021. (<https://irena.org/publications/2022/Jul/ Renewable-Power-Generation-Costs-in-2021>)

La capacidad de sustitución de combustibles dependerá, en consecuencia, del avance en la electrificación de la demanda, y la incorporación de nueva generación renovable. En el **Escenario 1** el mayor consumo eléctrico permite restringir el aumento del consumo de combustibles fósiles desde los 20,35 millones de Tep de 2016 hasta 17,72 millones de Tep esperados en 2050 Tep con una penetración del vector electricidad de 35%, mientras que en el **Escenario 2**, la electricidad aumenta a 60% del consumo total, logrando que los combustibles fósiles se reduzcan en un 53% con respecto al escenario **Escenario 1**.

Figura 18: Consumo energético final total - por combustible (Millones de TEP)



Fuente: análisis Deloitte.

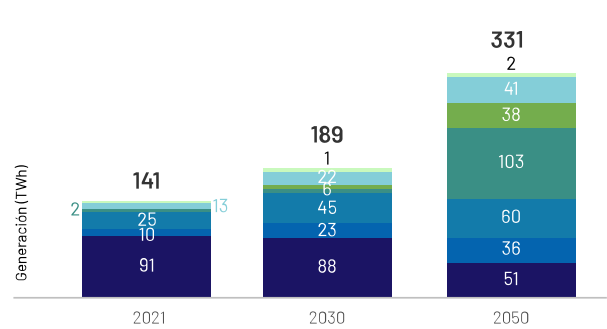
La electrificación requiere acompañarse de un cambio en la matriz de generación hacia energías renovables o limpias de emisiones.

En el **Escenario 1** la generación térmica representa el 15% de la energía a 2050, mientras que el 55% proviene de fuentes renovables no convencionales (solar, eólica y biomasa), y el resto depende de generación hidroeléctrica y nuclear.

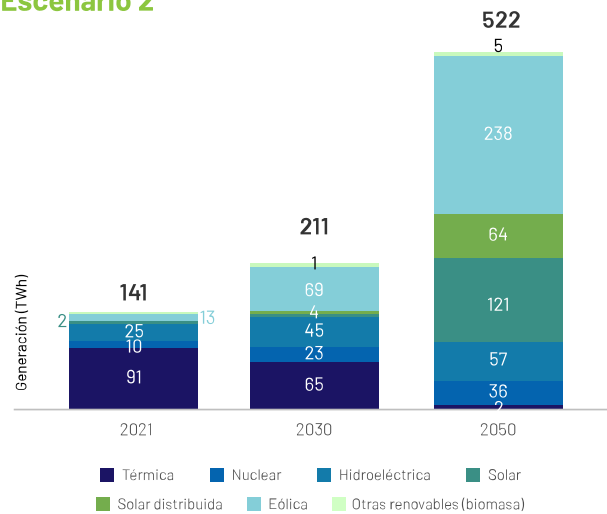
En el **Escenario 2**, a 2050, la generación eléctrica pasa a ser 99% renovable, sustentada en un 81% por energías renovables no convencionales (solar, eólica y biomasa), y el 18% restante con energía hidroeléctrica y nuclear.

Figura 19: Generación Eléctrica y penetración de renovables (TWh)

Escenario 1



Escenario 2



Fuente: análisis Deloitte.

Transición energética



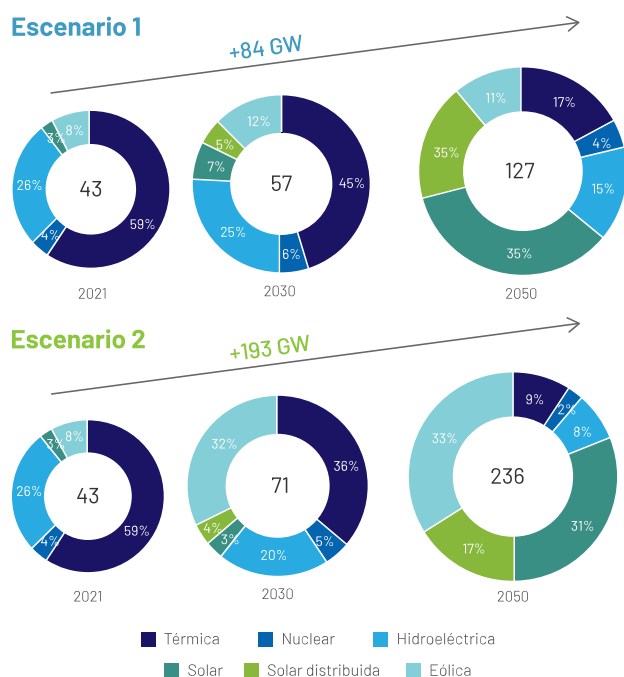
3. Transición energética

3.1 – Cambiar a fuentes primarias de energía libres de emisiones, apuntando a una matriz eléctrica verde

Argentina tiene recursos naturales que permiten desarrollar un parque de generación eléctrica libre de emisiones y alcanzar los objetivos ambiciosos antes descriptos. En este sentido, la capacidad instalada libre de emisiones establecida en el **Escenario 1** alcanza el 83%, y el 91% en el **Escenario 2** (escenario en el cual se mantiene la capacidad instalada de energía térmica, aunque no se emplea para la generación de energía).

El proceso de transformación de la matriz energética a 2050 en ambos escenarios se da principalmente con el desarrollo de proyectos de energía eólica y solar. En este sentido, en el Escenario 1 se contempla la instalación de **parques solares por una potencia total de 67 GW (44 GW centralizado y 23 GW descentralizado) y de parques eólicos por una potencia total de 14 GW.** Por su parte, en el Escenario 2, la potencia instalada de energía solar se incrementa en **112 GW (73 GW centralizado y 36 descentralizado)**, mientras que, para la energía eólica, este incremento es de **79 GW.**

Figura 20: Capacidad Instalada (GW)



Fuente: análisis Deloitte.

Hasta ahora la matriz energética de Argentina ha hecho uso extensivo del gas y el petróleo producido localmente, sin embargo, el país cuenta con condiciones favorables para convertirse en uno de los mercados de energías renovables más atractivos de América Latina. La amplia variedad y disponibilidad de recursos naturales y la amplitud del territorio proporcionan una diversidad de características geográficas y microclimas que pueden favorecer el desarrollo de distintos tipos de tecnologías.

La Ley 27.191 Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica debe ser el piso inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica libre de emisiones a futuro. De cara a 2050 se espera que haya una fuerte penetración de generación de fuentes renovables, considerando la reducción de costos de las tecnologías y más aún si se incluyera el costo social de la emisión de carbono.

La capacidad instalada libre de emisiones establecida en los escenarios 1 y 2 alcanza el 79% y el 89%, respectivamente¹⁵. Para llegar a esos valores, en primer lugar, se incorporó a la matriz eléctrica las obras en curso como, el inventario hidroeléctrico priorizado por el Estado Nacional en el Programa Nacional de Obras Hidroeléctricas (Resolución Secretaría de Energía 762/2009), asimismo el inventario realizado en el tramo binacional del río Uruguay por Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – Eletrobrás y Emprendimientos Binacionales S.A. (EBISA), y los proyectos sobre el río Paraná, entre la Argentina y el Paraguay (Corpus Christi y Itatí-Itacorá).

¹⁵ – Además de las energías renovables, incluye el porcentaje correspondiente a la potencia nuclear y de la cogeneración.

Figura 21: Inventario de proyectos hidroeléctricos elegidos por el modelo Times.

Nombre del Proyecto	Potencia (MW)	Nombre del Proyecto	Potencia (MW)
Kirchner*	950	Otros Chubut	114
Cepernic*	360	Puesto Bustos	115
Aña Cuá*	276	La Rinconada	200
El Tambolar*	70	Collón Curá	376
Garabí	1,152	Cordón de Plata I	847
Panambí	1,048	El Baqueano	190
Corpus Christi	2,880	Cordón de Plata III	319
Itatí - Itacorá	2,000	Cordón de Plata II	234
Aña Cuá	276	Rincón de la Medialuna	270
Ampliación Yaciretá	465	El Chañar	69
Chihuido I	637	Michihuao	621
Los Blancos I	324	Talhelum	240
Los Blancos II	162	Otros Mendoza	185
Portezuelo del Viento	216	Frontera II	80
La Elena	102	Total	14,778

Fuente: análisis Deloitte, * significa en construcción

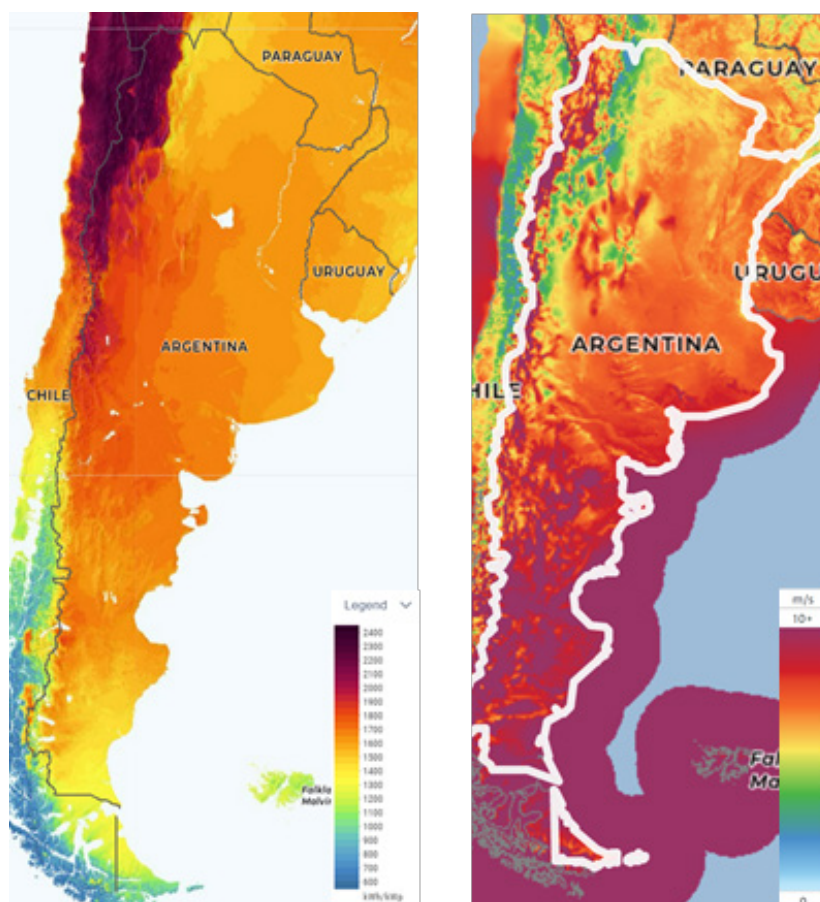
A su vez, la complementación que permite la generación hidroeléctrica y eólica, más la expectativa de complementar la energía solar con la incorporación de baterías, posibilitó apuntar a una penetración agresiva de fuentes renovables intermitentes. En el **Escenario 1** se instalan 13,31 GW y 67,04 GW de potencia eólica y solar - en sus diversas variantes -, que se incrementa hasta llegar a 78,56 GW y 111,85 GW, en el **Escenario 2** respectivamente. La capacidad total solar en el año base está compuesta, por 1.06 GW de energía solar centralizada. Lo que representa el 3% de la generación para el año 2016. En el escenario 1 por competitividad el modelo crece la energía solar a 3.8 GW no distribuida y 2.72 distribuida al 2030, lo que representando el 7% y el 5% respectivamente de la capacidad total para el mismo año. Mientras que en el escenario 2 aumenta la energía solar 2.4 GW no distribuida y 2.72 distribuida para 2030 representando el 4% y el 3% respectivamente de la capacidad total para el mismo año. Para el 2050 en el escenario 1 crece la energía solar a 44.2 GW centralizada y 22.86 distribuida, representando el 18% y el 35% de

la capacidad total. Mientras que en el escenario 2 el aumento es mayor pasando a una capacidad de energía solar de a 73.11 GW centralizada y 38.74 distribuida, representando 31% y el 17% de la capacidad para el 2050.

La energía renovable resulta clave en una matriz eléctrica descarbonizada y existe una genuina preocupación a nivel internacional sobre la disponibilidad de recurso en cada país. Es por esto que el Banco Mundial impulsó una iniciativa para disponer de atlas mundiales de energía solar y eólica con el objetivo de medir su potencial. Estas herramientas son de libre disponibilidad y sirven para tener una primera aproximación a nivel país, al tener mapeado la radiación solar y energía del viento en una cuadrícula detallada del territorio nacional¹⁶. Es sabido que Argentina presenta una disponibilidad excelente de recurso, dado los proyectos instalados. Ahora se puede estimar el potencial por provincia, región e incluso ciudad. Los mapas siguientes muestran el recurso disponible a nivel país.

16 – Los atlas están disponibles en <https://globalwindatlas.info/es> y <https://globalsolaratlas.info/>

Ilustración 22: Radiación solar en Kwh/kwp (izquierda) y velocidad del viento en m/s (derecha)



En el caso solar, la radiación global horizontal de la Argentina arriba del paralelo 45°s es 5,12 kWh/m². Si uno toma en cuenta las particularidades del terreno, la radiación global horizontal aprovechable es 4,60 kWh/kWp por día, que ubica al país en el ranking número 63 a nivel mundial. Sin embargo, Argentina comparte con Chile la segunda mejor zona de radiación mundial en el noroeste del país, que permite alcanzar, de acuerdo al atlas, 5,8 kWh/kWp para las mejores ubicaciones del territorio argentino. Esta radiación se traduce en 2.117 kWh/m²/año. Asumiendo el espaciamiento estándar y las pérdidas del sistema, solo en el 2,5% del territorio puede instalarse 41,7 GW para generar una energía anual de 88,28 TWh/año. Sin embargo, la generación distribuida tendrá un rol relevante en el crecimiento de la energía solar. El potencial del país considerando el 66% del terreno posible para realizar instalaciones, de acuerdo al atlas, y con una producción anual de 1.679 kWh/m²/año o lo mismo, un factor de uso de 19,17%, el

potencial es 1.632 GW o más de 2.500 TWh de energía. Este valor es sin descontar las pérdidas, el espaciamiento o incluso la nubosidad. Un número rústico, pero dado el valor alcanzado, de más de 15 veces el consumo anual de energía actual, permite tener una primera magnitud del potencial¹⁷.

El recurso eólico de la Argentina presenta una situación de abundancia similar. La velocidad del viento promedio en la Argentina es 8,82 m/s pero la velocidad en el 10% del territorio con mayor viento es de 11,3 m/s. Para tener una noción de su relevancia, este 10% del territorio nacional es más ventoso que el 97% del resto del mundo. Este nivel de viento equivale a una densidad media de potencia de 1.717 W/m². El cálculo de la energía aprovechable es menos directo que en el caso solar. Entre otras cosas porque la tecnología avanza con aerogeneradores para regiones con menos viento. Los nuevos desarrollos buscan diámetros de barrido más alto, que aumenta la

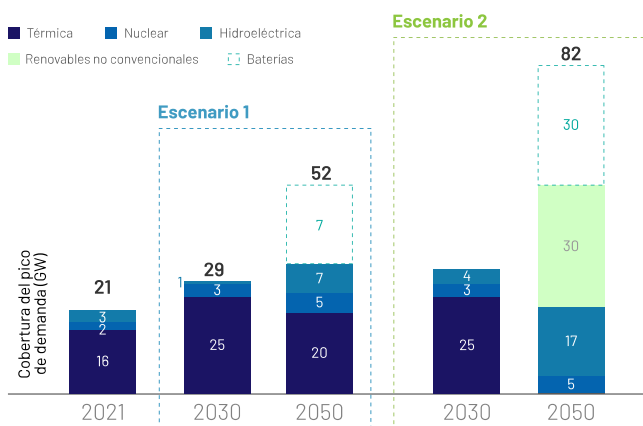
17 – <https://globalsolaratlas.info/map>

potencia del aerogenerador, pero también reduce la cantidad de éstos que pueden ubicarse por kilómetro cuadrado. Asumiendo la tecnología actual para regiones de altos vientos, aerogeneradores de 2 MW y diámetros de 82m permiten espaciar 4 aerogeneradores por Km². Para 55.000 Km² o el 2% de la superficie de Argentina y un factor de capacidad de 48% el potencial eólico es 473 GW o 1.987 TWh. Este valor es sin contar pérdidas. Como comentario aparte, el mismo proyecto de investigación que desarrolló el atlas estimó el potencial off-shore, que es donde a nivel mundial se espera el principal interés, sea por la dificultad para obtener tierras para instalar los parques, o por la mayor velocidad del viento. El potencial off-shore de la Argentina ascendería a 1.870 GW, de los cuales 558 GW serían en aguas someras¹⁸.

Los vientos patagónicos superan el 96% de los demás territorios del mundo en términos de densidad de energía del viento mientras que la radiación solar del noroeste argentino supera el 97% del territorio del mundo en términos de radiación solar. La ventaja en términos de factores de uso para un mismo nivel de inversión le da a la Argentina una ventaja económica en la utilización de estas tecnologías. Incluso la generación distribuida solar tiene un factor de uso bruto alto, que hace a la diferencia para decidir su instalación.

La mayor penetración de energía renovable intermitente requiere administrar la gestión de los picos de demanda, a través de respuesta de la demanda, utilizando como respaldo la flexibilidad del gas y aumentando la participación de tecnologías de almacenamiento. En particular las baterías y generación hidroeléctrica.

Figura 23: Potencia para cubrir el pico de demanda (GW)



Fuente: análisis Deloitte, * significa en construcción

18 – El potencial off-shore puede obtenerse en https://esmap.org/esmap_offshorewind_techpotential_analysis_maps

CUADRO 2. El próximo cambio disruptivo: el uso extendido de baterías en la matriz energética.

Las baterías tendrán un rol clave en la descarbonización de segmentos de uso de energía, como en la gestión de la red eléctrica, en el transporte con la e-movilidad y en el caso de baterías para sistemas domésticos y mini-redes que operan fuera de la red.

Estas últimas están emergiendo como parte de la solución para descentralizar el acceso y la generación de la electricidad, así como proporcionar servicios de estabilidad a mini-redes, mejorando la calidad de la energía y reemplazando sistemas que dependen en gran medida del combustible diésel.

Los sistemas de almacenamiento o electricity storage system (ESS por sus siglas en inglés) brindan importantes ventajas para los sistemas eléctricos en donde las tecnologías variables como la energía solar y eólica ganan participación.

Las aplicaciones estacionarias de las baterías permiten profundizar la inserción de las energías renovables, en la medida que permiten acumular energía no consumida en el momento de la generación y estar disponible para cuando se requiera, suavizando así las fluctuaciones de las condiciones climáticas que aparecen durante el día, y a medida que se desarrollen nuevas tecnologías competitivas, semanas o incluso meses. Además, brindan un mayor grado de flexibilidad a los operadores de la red, garantizando un funcionamiento suave y confiable y/o reacción a los cambios inesperados en la demanda, evitando así daños a los aparatos eléctricos y cortes de suministro. Otra ventaja del storage electricity es que puede reducir las congestiones en la red de transmisión en horas de

generación pico y puede aplazar la necesidad de grandes inversiones en infraestructura en este segmento.

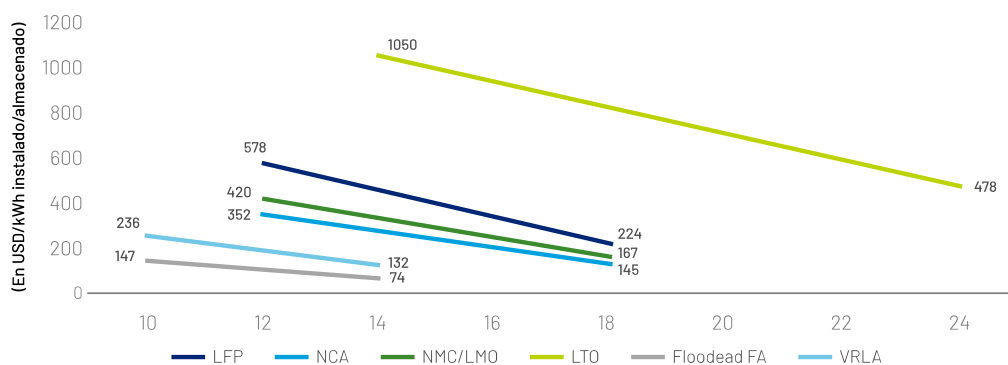
El desarrollo de baterías más eficientes, el aumento de su vida útil y la tendencia hacia una rápida caída en su costo, ubican a esta tecnología en el corazón de la transición energética como una alternativa competitiva, al proporcionar servicios de valor en toda la cadena del sector eléctrico y en los consumidores finales.

La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) en su trabajo "Almacenamiento de electricidad y renovables: costos y mercados hasta 2030" (2017) señala que el costo de las baterías de ion-litio ha caído hasta un 73% entre 2010 y 2016 para aplicaciones de transporte, pudiendo trasladar estos beneficios de mayor escala de fabricación a las baterías para aplicaciones estacionarias, que hoy tienen un costo de instalación más alto debido a ciclos de carga / descarga más sofisticados que requieren sistemas y hardware de administración más costosos.

Se estima que el costo de instalación de baterías de ion-litio para aplicaciones estacionarias podrían disminuir entre 54% y 61% hasta 2030¹⁹. Esto reflejaría una caída en el costo total de instalación de entre USD 207/kWh y USD 572/kWh, dependiendo de la composición química de las baterías. Como se muestra en el gráfico, las opciones de plomo ácido serán todavía más económicas, pero encuentran un límite a la expansión de su vida útil que las hace menos competitivas.

Figura 24: Proyección de costo y vida útil de baterías seleccionadas por tecnología - Años 2016 y 2030. (i)

Nota (1): Baterías de Iones de Litio (LFP, LTO, NCA y NMC/LMO) y de plomo ácido (Flooded FA y VRLA). Fuente: análisis Deloitte en base a IRENA.



3.2 – La promoción de infraestructuras digitales y redes inteligentes como condición habilitante

Un sistema eléctrico más limpio y amplio requerirá inversiones en líneas de transmisión y en capacidad de respaldo firme, que podrían verse reducidas gracias a la interconexión regional. El aumento de la demanda requerirá ampliar la capacidad de transporte eléctrico a lo largo del territorio nacional pero especialmente desde las regiones donde los recursos renovables son más abundantes. Esta inversión reemplaza – en parte – la mayor necesidad de gasoductos en el escenario de referencia. A su vez, la integración regional permite reducir la necesidad de una mayor capacidad de generación destinada únicamente a cubrir los picos de demanda, gracias al aporte de capacidad firme proveniente de países vecinos. Según un estudio del Centro-Elettrotecnico Sperimentale Italiano (CESI)²⁰ el avance hacia una mayor integración permitiría aumentar la participación renovable en al menos 2,5 GW de potencia renovable intermitente sin necesidad de respaldo, por la mejor diversificación geográfica, y disminuir la necesidad de respaldo térmico en al menos 3 GW de potencia para 2030.

El desarrollo de infraestructura de transmisión eléctrica necesaria para la incorporación de una generación eficiente y la reducción de sobrecostos del sistema de energía eléctrica es de 31.883 km en Escenario 1 y 34.699 km en Escenario 2.

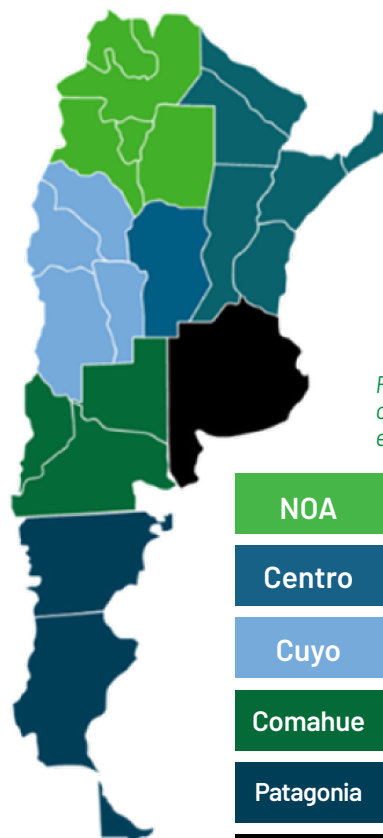
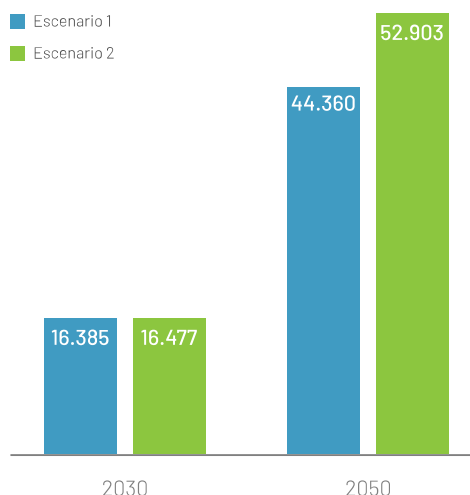


Figura 25: Inversiones en capacidad de transporte eléctrico

NOA	Escenario 1: 11.420 KM Escenario 2: 12.429 KM
Centro	Escenario 1: 1.714 KM Escenario 2: 1.865 KM
Cuyo	Escenario 1: 8.565 KM Escenario 2: 9.321 KM
Comahue	Escenario 1: 4.283 KM Escenario 2: 4.661 KM
Patagonia	Escenario 1: 2.284 KM Escenario 2: 2.486 KM
Gran Bs. As.	Escenario 1: 1.523 KM Escenario 2: 1.658 KM
NEA	Escenario 1: 2.094 KM Escenario 2: 2.270 KM

La infraestructura de transporte debe ser planificada desde ahora considerando dónde se encuentra el mejor recurso disponible pero también cómo se optimiza la utilización de todos los recursos.

Inversiones acumuladas en capacidad de transporte eléctrico en millones de USD



20 – <https://www.cesi.it>

Perspectivas

La actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono²¹. El incremento de la demanda de electricidad debería llevar a un cambio de paradigma que permita pasar de un sistema tradicional a un sistema completamente flexible que se adapte al aumento de las energías renovables y la generación descentralizada.

Las nuevas infraestructuras de red en transporte y distribución son claves para impulsar el crecimiento de las energías renovables. En el horizonte 2030, se requerirán nuevas inversiones en las redes eléctricas tanto para permitir el acceso a sitios de alto potencial renovable, y para perseguir una red más interconectada que permita aumentar la confiabilidad del sistema. Para ello, se necesita un número mayor de puntos de conexión disponibles para futuras subastas en programas de desarrollo de energías renovables. Por su parte, en el horizonte de 2050, se espera que la terminación de las redes de las principales áreas urbanas y los nuevos refuerzos en la red aumenten enormemente los sitios potenciales de generación distribuida para energía eólica y solar.

Por su parte, la digitalización de la red es el habilitador clave de la transición requerida, que trae beneficios significativos en términos de ahorro en el gasto de energía, eliminación de emisiones de GEI y mejora de la calidad del aire. La transición a 2050 requerirá, entre otras cosas, una inversión en la red eléctrica, tanto en el sector de la transmisión como en el sector de la distribución. Las inversiones requeridas en las redes de distribución permitirán integrar completamente la nueva capacidad renovable, la mayoría de las cuales se conectará a las redes de baja y media tensión, gestionará el desarrollo de la movilidad eléctrica y apoyará la electrificación del consumo en los sectores residencial y de servicios.

Una red eléctrica moderna traerá diversos beneficios para la población y la economía del país. La digitalización de red permitirá a los clientes de servi-

cios públicos administrar y reducir mejor los costos de electricidad, cortes de energía más cortos y menos frecuentes, mejoras en las condiciones de trabajo y seguridad pública. Al mismo tiempo, reforzará el sistema eléctrico, aumentando así la confiabilidad y la capacidad de recuperación del servicio incluso en el caso de condiciones climáticas severas.

El despliegue masivo de medidores inteligentes proporcionará un retorno positivo tanto para el sistema como para los clientes. Los beneficios incluyen la eficiencia energética y la oportunidad para que los usuarios gestionen su demanda de manera activa y cambien los hábitos y renueven la tecnología, lo que brinda una mejor eficiencia.

Los medidores inteligentes pueden ayudar a crear patrones de demanda activos y un sistema más confiable y predecible. Las tarifas hora por hora deben desarrollarse, si no es en tiempo real, para permitir un efecto de aplanamiento de la demanda. Una curva de carga más aplanada requerirá una demanda menor y una demanda menos firme, lo que permitirá una mejor planificación y optimización de la generación. La masificación de los medidores inteligentes será la base para el desarrollo de las redes inteligentes y para la optimización en la planificación de las inversiones en la distribución.

La digitalización permitirá un sistema de abastecimiento resiliente, participativo y sustentable. Los medidores inteligentes permitirán un rol activo de los usuarios.

Es recomendable que se otorguen incentivos para las inversiones en la distribución para reconfigurar y modernizar las redes (que son puramente radiales) hacia modelos más resilientes y acordes a la digitalización de ésta, que permita para llegar a niveles óptimos de

²¹— El análisis de esta sección se sustentó mayormente en un informe de Deloitte realizado previamente: “Hacia la descarbonización de la economía: la contribución de las redes a la transición energética”, 2018. (<https://perspectivas.deloitte.com/contribucion-redes-electricas>)

calidad y gestionar de manera eficiente el ingreso de la movilidad eléctrica, la generación distribuida, respuesta a la demanda, optimización de las inversiones, entre otros servicios.

3.3 – Fomentar la eficiencia energética y electrificación de los usos finales

Fomento de la eficiencia energética

La evolución hacia una matriz energética más limpia en términos de emisiones involucra también la reducción de intensidad energética, que se logra a través de la mejora en eficiencia energética. Todos los sectores de actividad a nivel nacional deberían estar alineados para disminuir el consumo energético del país, y, por ende, las medidas correspondientes han de afectar a cada uno de estos.

Se deben atender las medidas para mejorar la eficiencia en todos los sectores en el corto plazo a través de incentivos fiscales y brindando señales que impulsen el cambio.

La regulación legislativa es una excelente herramienta para lograr impactos fuertes en materia de consumo energético. Hoy el principal instrumento normativo sigue siendo el Decreto 140 del año 2007, el que creó el Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE). La iniciativa permitió dar importantes pasos en materia de difusión de los beneficios de la eficiencia energética en la sociedad civil, a las PYMES a través de diagnósticos energéticos y posterior financiamiento de los planes de inversión, a los municipios por medio del recambio de luminarias, entre otros avances. Sin embargo, el diseño y alcance original del Programa no logra plasmar las transformaciones con la profundidad y transversalidad que el contexto socioeconómico y ambiental exige. En este sentido, sería conveniente poder contar con una Ley de Eficiencia Energética de alcance federal, que posicione las cuestiones de eficiencia en términos de política de Estado, estableciendo condiciones objetivas para su implementación como, por ejemplo, la posibilidad de fijar objetivos vinculantes, trazar objetivos de corto

y mediano plazo, direccionar incentivos y un mayor financiamiento en sectores claves.

La Eficiencia Energética es la alternativa más económica para lograr la transición energética, pero la falta de conocimiento sobre sus ventajas constituye una barrera importante. Introducir conceptos de Eficiencia Energética en la currícula de la educación formal, tanto en los niveles primarios y secundarios, así como en ambientes técnicos y universitarios afines, incorporar sistemas de gestión de la energía en empresas, generar regulación específica en construcciones y difundir nuevos procesos industriales, son solo algunas de las cuestiones que debería tratar la ley, para alentar un cambio de paradigma en la conducta de la población y las empresas. El desarrollo de actuaciones dirigidas a realizar procesos de forma más eficiente, o simplemente no desperdiciar energía en consumos innecesarios, son maneras mediante las cuales, tanto el usuario con capacidad de gestión como el pequeño usuario, pueden colaborar en el aumento de eficiencia.

La mejor forma para reducir las emisiones es consumiendo la energía de forma eficiente.

“Se deben atender las medidas para mejorar la eficiencia en todos los sectores en el corto plazo a través de incentivos fiscales y brindando señales que impulsen el cambio”(Stakeholders durante las mesas de trabajo).

Rumbo a una mayor electrificación en los usos finales

En 2050 sería necesario alcanzar un nivel de electrificación del 35% sobre el consumo total de energía final en el Escenario 1, y del 60% en el Escenario 2. De la misma manera, el consumo de gas natural debería representar el 34% en el **Escenario 1** y reducir su participación hasta el 11% en el **Escenario 2**, del total del consumo de energía final. En el **Escenario 2** por su parte, contempla la introducción del hidrógeno verde como

vector de descarbonización, alcanzando este insumo una participación del 6% sobre el consumo energético final en los sectores de industria y transporte. Las estrategias por sector y las principales tecnologías y políticas consideradas se analizan en el presente apartado.

3.3.1 – Electrificación de los sectores residencial, comercial y público

De acuerdo al modelo, en el año 2016 (año base), el sector residencial, comercial y público consumió 20 millones de TEP y fue responsable de la emisión de 31 MtCO₂ equivalentes (un 8.7% de las emisiones totales de Argentina en aquel entonces), explicado principalmente por el consumo de energía para usos térmicos²². El consumo eléctrico en el sector residencial, comercial y de servicios públicos propuesto por el modelo TIMES en consideración del mix de medidas de mitigación propuestas para alcanzar los objetivos de emisiones a 2050, necesitaría aumentar hasta situarse en el 40% (Escenario 1) y en el 36% (para el caso del Escenario 2).

Para alcanzar esta penetración desde los valores actuales, el consumidor residencial, así como el Estado para sus edificios e instalaciones públicas, necesitarán invertir en nuevos equipos eléctricos para usos térmicos, en cocinas eléctricas y en artefactos con un mayor nivel de eficiencia que pudieran aparecer en el mercado en años venideros. La adopción de una energía u otra vendrá derivada de la competitividad en costos de las distintas soluciones tecnológicas disponibles y de la reglamentación aplicable, incluida la que incentive unas menores emisiones en estos consumos.

CUADRO 3. Refrigeradores

Los aparatos de refrigeración y frío son tecnologías maduras cuyo mercado ha alcanzado el nivel de saturación en los países más desarrollados, con tasas de penetración de casi el 100%²³.

El mercado de hoy se caracteriza por una disminución significativa en el tamaño del congelador, con un aumento de refrigeradores combinados. Los dispositivos de refrigeración comercial (gabinetes de servicio y de explosión, cámaras frigoríficas, unidades de condensación empaquetadas, enfriadores de procesos) se utilizan en restaurantes, hoteles, pubs, cafés, supermercados y en procesos industriales. En algunos tipos de edificios comerciales (por ejemplo, supermercados), la refrigeración representa hasta el 50% del consumo de energía del edificio^{24,25}. Todos estos dispositivos incluyen compresores, válvulas de expansión, condensadores y evaporadores, ventiladores de evaporador y fluidos de proceso apropiados. En lo que respecta al fluido del proceso, en las últimas décadas del siglo XX, los gases a base de freón, CFC y HCFC se han utilizado ampliamente porque son eficientes, estables y seguros. Sin embargo, las regulaciones para proteger la capa de ozono atmosférica han llevado a la eliminación gradual de la mayoría de estos gases, y se han desarrollado gases de hidrofluorocarbono (HFC) alternativos y se utilizan actualmente. Los fluidos con un potencial de calentamiento global más pequeño están actualmente en desarrollo. La demanda de energía para los aparatos de frío puede reducirse mediante mejoras de eficiencia, como el aislamiento térmico por vacío y las espumas de poliuretano, los descongeladores adaptativos, los intercambiadores de calor, compresores y ventiladores más eficientes y el control electrónico.

En el año base (2016), los refrigeradores en Argentina representaban aproximadamente el 11% del consumo eléctrico total, para fines de 2050 se espera que su participación sobre el consumo eléctrico total del sector se mantenga en 11% en el **Escenario 1** y que se reduzca hasta alcanzar un 7% en el **Escenario 2**.

22 – Fuente: *Elaboración Propia*. El modelo para el año base se alimenta de datos del Balance Energético Nacional (BEN).

23 – IEA, *Key World Energy Statistics*

24 – IEA, *Cool Appliances: Policy Strategies for Energy Efficient Homes*

25 – *Cold appliances data, ODYSSEE*

CUADRO 4. Iluminación

La iluminación representa aproximadamente el 19% de toda la electricidad generada en todo el mundo. El consumo de energía de iluminación puede reducirse mediante mejoras en la eficiencia energética de los sistemas de iluminación, que se componen de lámparas, luminarias y balastos (este último para lámparas de descarga). Las mejoras clave de eficiencia están asociadas con la elección de la lámpara; los principales tipos de lámparas utilizadas en el sector doméstico incluyen las tradicionales (ineficientes) lámparas incandescentes de filamento de tungsteno (servicio de iluminación general, GLS), lámparas halógenas (HL), las lámparas fluorescentes compactas más eficientes (CFL) y luminarias con tecnología LED.

La transición propuesta para los sectores residencial, comercial y de servicios públicos, contempla para ambos escenarios una rápida transición hacia las tecnologías LED.

CUADRO 5. Cocinas

Los aparatos de cocción son tecnologías maduras con una penetración de mercado muy alta. Por su parte, en las economías en desarrollo, la energía para cocinar es un uso final más importante en comparación con las economías desarrolladas: llegando a extremos, por ejemplo, como en el caso de la India, donde representa el 90% del consumo doméstico de energía²⁶.

El equipamiento doméstico puede clasificarse ampliamente en hornos, parrillas, fogones y microondas. Al 2016, la tecnología más utilizada en Argentina es la cocina a gas natural, con una participación de mercado del 72,2%, mientras que la participación de las cocinas eléctricas es de tan solo el 1,3% (tendencia que se espera que se revierta en el mediano plazo)²⁷.

CUADRO 6. Calefacción y refrigeración mediante bombas de calor

Las bombas de calor no son una tecnología nueva y se han utilizado en todo el mundo durante décadas. De hecho, ejemplos de este tipo de tecnología son los aires acondicionados frío-calor. Las bombas de calor proporcionan calefacción y refrigeración de espacios en edificios que utilizan principalmente electricidad como fuente de alimentación principal. El costo de capital de las bombas de calor para la calefacción de espacios podría ser mayor que el costo del equipo de combustión tradicional en algunos casos, sin embargo, el costo de la tecnología está disminuyendo. Si bien las bombas de calor son una tecnología madura, se espera que su eficiencia aumente en 2030 en un 16-17% para la calefacción y refrigeración, y en 2050 en un 38-40%. Se esperan reducciones de costos como consecuencia de las mejoras tecnológicas, la penetración en el mercado y la sinergia con los sistemas de almacenamiento térmico. Los costos de funcionamiento de las bombas de calor son más bajos que el calentamiento del aceite y son comparables al calentamiento por gas, y con la conveniente ventaja de proporcionar también enfriamiento durante las estaciones más cálidas.

Entre las principales ventajas de las bombas de calor está el hecho de que su principio de funcionamiento les permite usar menos cantidad de energía que el calor que proporcionan, lo que les permite alcanzar fácilmente rendimientos estacionales del 200% al 300%, en comparación con un máximo del 100% alcanzable por una caldera de gas o aceite de primera clase. Las bombas de calor modernas son adecuadas para cualquier condición climática, y esto se ve corroborado por la amplia penetración que tienen las bombas de calor en los mercados nórdicos. La energía extra recuperada por el proceso sobre la base del 100% cuenta como energía renovable, ya que no se necesita energía primaria adicional para producirla. Con la mezcla eléctrica promedio en América Latina, las bombas de calor emiten menos CO₂ que

²⁶ – D. K. a. M. R. S.D. Pohekar, *Dissemination of cooking energy alternatives in India - a review*

²⁷ – Censo Nacional de Población y Vivienda 2017 - INEI

cualquier otro dispositivo de calefacción. Si las bombas de calor se adoptaran ampliamente para aplicaciones de calefacción de agua y espacios en edificios, podrían reducir las emisiones globales de CO₂ en 1.250 millones de toneladas en 2050, según la Agencia Internacional de Energía^{28,29}.

CUADRO 7. Sistemas para calentar el agua

El calentamiento de agua suele ser el tercer uso final de energía doméstica más grande después de la calefacción / refrigeración de espacios y la iluminación. Esta demanda puede ser atendida por sistemas de calentamiento de agua dedicados o por sistemas combinados que también desempeñan un papel de calefacción de espacio primario³⁰.

Los sistemas dedicados pueden caracterizarse ampliamente como sistemas de almacenamiento, dispositivos instantáneos o sistemas alternativos, incluidas bombas de calor y sistemas solares. Las divisiones de combustible varían sustancialmente; la mayoría de los países dependen principalmente del gas y la electricidad, aunque el uso de petróleo y biomasa puede ser significativo.

En el sector comercial, el consumo de calefacción de agua contribuye a una menor proporción del consumo total y se concentra en tipos de edificios limitados. El equipo de calentamiento de agua comercial generalmente se amplía en comparación con el equipo doméstico, en términos de potencia y capacidad de almacenamiento o tasa de flujo, con una importante superposición entre los equipos pequeños.

Sector residencial

Según datos de INDEC, en el año 2016 había 12,2 millones de hogares habitados en Argentina, y de

acuerdo con nuestras proyecciones se esperan unos 14,8 millones para 2050.

En el año base, el combustible más utilizado por los hogares era el gas natural (64% del consumo total de combustibles). Y a su vez, vale la pena destacar que un 48% del consumo total de gas natural está destinado al sector residencial³⁰.

Para la construcción de los escenarios se ha considerado el traspaso de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas en los principales rubros de demanda energética del hogar: calefacción, ventilación y aires acondicionados (HVAC por sus siglas en inglés), cocina y otros usos (principalmente, calentamiento del agua). A su vez, se espera que la mayor eficiencia de las nuevas tecnologías lleve a un menor consumo energético por dispositivo (mayor en términos absolutos respecto del año base).

Sector comercial

En línea con últimos censos e informes publicados, en 2016 se registraban 698.653 comercios en Argentina. Si tomamos para la proyección la tasa de crecimiento del PBI implícita en el informe presentado por el gobierno nacional³², en 2050 la cantidad de comercios debería ascender a aproximadamente 2 millones.

De la misma manera que en el sector residencial, se espera que los nuevos locales construidos estén adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, se estima un traspaso gradual de tecnologías convencionales a tecnologías eléctricas a medida que estas últimas consigan mayores niveles de eficiencia.

Sector público

Se espera que, con el transcurso de los años, los edificios de carácter público (tales como colegios y hospitales) que se inauguren se encuentren adaptados para la utilización de artefactos eléctricos. A su vez, los establecimientos públicos existentes

28 – Buildings roadmap - International Energy Agency

29 – Energy Technology Perspectives - International Energy Agency

30 – IEA ETSAP - Technology Brief R03

31 – Fuente: elaboración propia. Modelo energético. Datos del año base (2016)

32 – NDC Argentina

reemplazarán paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos conforme estos últimos se vuelvan más eficientes.

A modo resumen podemos enumerar las siguientes medidas para el rubro de servicios públicos:

- En lo que respecta a luminarias, el traspaso del 100% de luminarias convencionales a luminarias LED para 2050.
- Traspaso de calefactores de tiro balanceado por bombas de calor, a medida que las tecnologías eléctricas sigan ganando terreno en términos de eficiencia.
- Electrificación de artefactos para el calentamiento del agua.
- Electrificación de cocinas en comedores públicos.

Figura 26: Consumo energético final – sectores Residencial, Comercial y de Servicios Públicos (Millones de TEP)

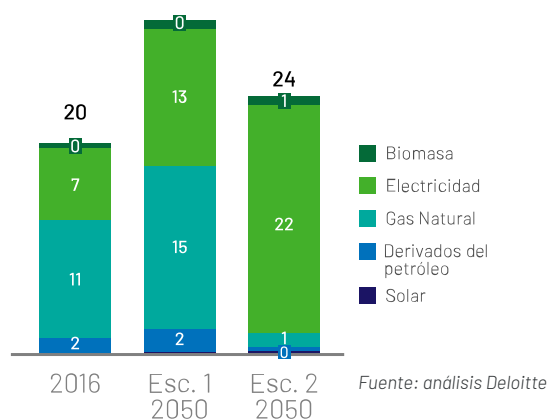
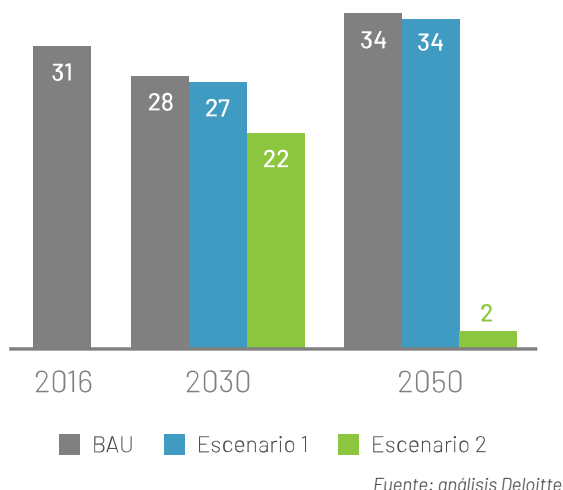


Figura 27: Emisiones directas – sectores Residencial, Comercial y de Servicios Públicos (MtCO2eq.)



3.3.2 – Sustitución de combustibles en el sector industrial

La alta penetración de los combustibles fósiles en el sector industrial permite importantes posibilidades de reducción de emisiones GEI para los horizontes 2030 / 2050 a partir de la sustitución de combustibles. El aprovechamiento de procesos térmicos para la cogeneración eléctrica, una mayor utilización de desechos industriales para generación eléctrica a partir de biomasa, uso de hidrógeno verde en la sustitución de procesos industriales o una mayor electrificación de los procesos a base de generación libre de emisiones, son todas alternativas de fuentes limpias de energía que la industria puede explotar y así disminuir la intensidad de las emisiones generada por su consumo energético. Cabe mencionar, no obstante, que este potencial es menor en relación a otros sectores, donde el gas natural se mantiene como el combustible relevante por su papel en ciertos procesos térmicos donde no es posible otro vector energético con menores emisiones.

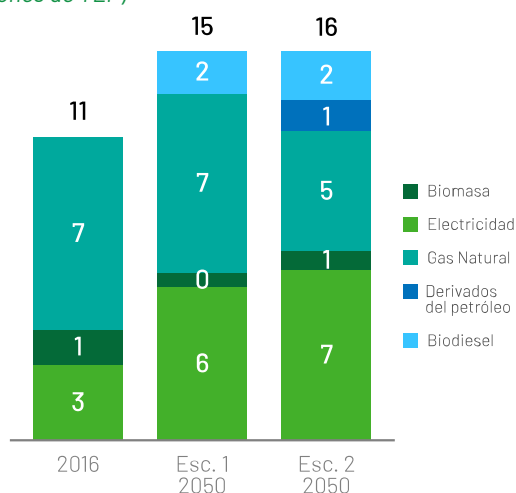
La implementación de medidas que tiendan a mejorar la eficiencia energética en la industria permitiría reducir costos sustanciales a las empresas, logrando una optimización del uso de la energía y al mismo tiempo contribuyendo a la lucha contra el cambio climático. El recambio tecnológico a equipos más eficientes también permitiría lograr avances significativos en materia de intensidad energética y emisiones. Específicamente en el caso argentino, el recambio de equipamiento altamente difundido en las plantas fabriles como motores eléctricos y calderas (antiguos, de uso intensivo y de baja eficiencia media), contribuirían ampliamente en este sentido.

Un exitoso proceso de descarbonización del sector industrial que logre estabilizar las emisiones a medida que la industrialización avanza requeriría la adaptación gradual de los procesos industriales locales a la vanguardia tecnológica a nivel mundial, sobre todo en sectores intensivos en emisiones de GEI. La reconversión tecnológica (incluye sustitución de materia prima) a los nuevos estándares internacionales que incorporan una visión ambiental, permitiría no sólo reducir la intensidad de las emisiones sino estabilizarlas en términos

absolutos. La tendencia esperada es que los costos de adopción de las distintas tecnologías vayan decreciendo durante la transición.

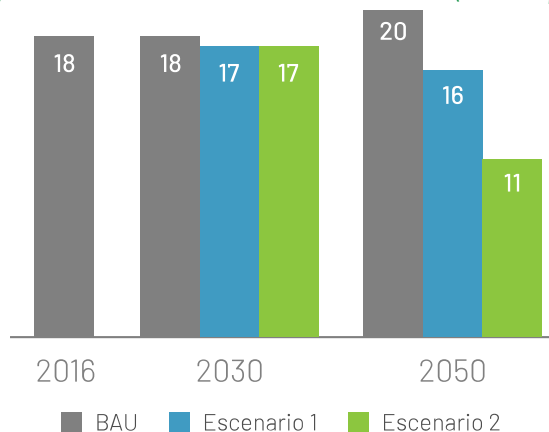
La implementación de las medidas identificadas para la industria permitiría lograr a 2050 una reducción de las emisiones totales – por consumo energético y procesos – del 18% y 46% para los escenarios Escenario 1 y Escenario 2 respectivamente. Al mismo tiempo se avanzaría en una industrialización sustentable y achicaría la brecha existente en la intensidad energética de Argentina con relación a la de los países industrializados.

Figura 28: Consumo energético final – sector industria (Millones de TEP)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 29: Emisiones directas – sector industria (MtCO2eq.)



Fuente: análisis Deloitte

3.3.3 – Sustitución de combustibles en el sector transporte

Las emisiones de GEI del sector transporte crecen, a nivel internacional, a la mayor tasa desde 1970³³. Entre las razones se destaca el incremento de la motorización a medida que crece el PBI per cápita. Para mitigar las emisiones potenciales del sector, son identificadas varias líneas de acción. En primer lugar, políticas tendientes a reducir la intensidad energética de los vehículos, y en conjunto con estas, medidas que tiendan a restringir la intensidad de carbón por combustible. Una mayor eficiencia, de todas maneras, será insuficiente, por lo que se requiere avanzar a modos de movilización libres de emisiones, como son los vehículos eléctricos y el cambio modal al tren, especialmente para el transporte de carga. Por último, existen oportunidades importantes para incrementar el uso del transporte público, o modificar conductas que promuevan el uso de la bicicleta, compartir el uso del vehículo o disminuir la necesidad de moverse, como puede ser el trabajo remoto.

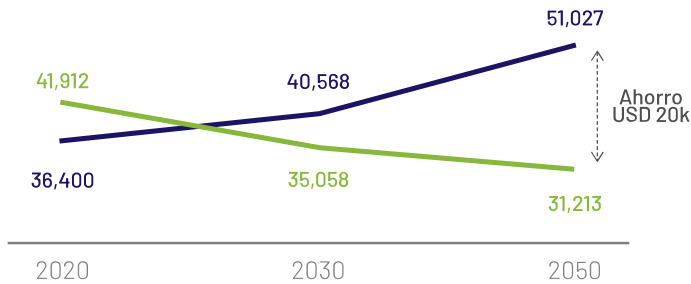
El desarrollo del Vehículo Eléctrico a Batería (VEB) es la apuesta más importante para descarbonizar el sector transporte. Habiendo alcanzado ventas a nivel global de 3 millones de unidades, como IEA señala en su informe “Global EV Outlook 2022”, el objetivo propuesto por varios países es alcanzar una penetración del 30% para 2030, y de 60% para 2050. El despliegue de una estrategia de alta penetración del VEB requerirá cambios sustanciales en la infraestructura necesaria para su uso. De acuerdo con el análisis respecto del costo en vehículos a combustión fósil y eléctricos, a partir del año 2025, los autos eléctricos pasan a ser una opción más económica que los autos tradicionales a combustión fósil.

La movilidad sustentable es clave y debe potenciar sus beneficios al reconvertir la industria de extracción de litio para fabricar en el país baterías y vehículos eléctricos

33 – Fuente: IPCC – https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter8.pdf

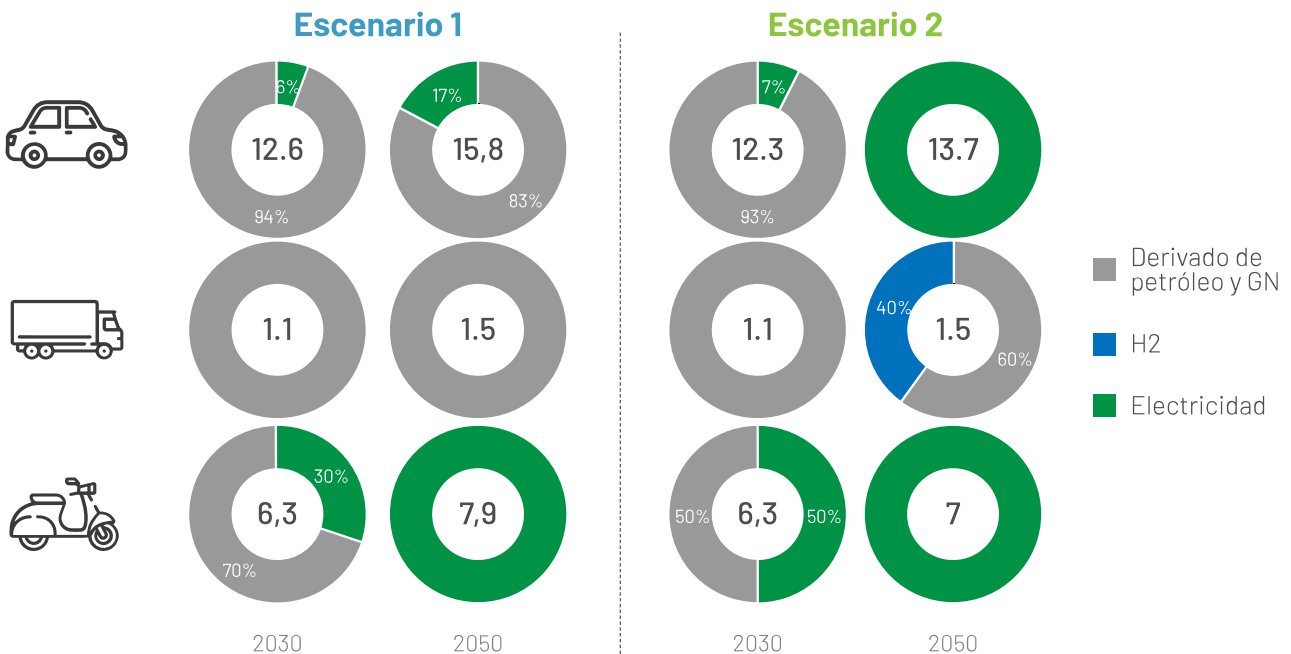
Figura 30: Electromovilidad en el transporte liviano

Costo implícito KUSD



- Km promedio / año: **12.322 km**
- Vida útil: **10 años**
- Precio de las baterías al 2030 y 2050: **60 USD / kWh y 11 USD / kWh.**
- Privilegio de circulación, estacionamiento, incentivos fiscales
- Reducción en el costo nivelado de energía.

KPIs (# millones)



Fuente: análisis Deloitte

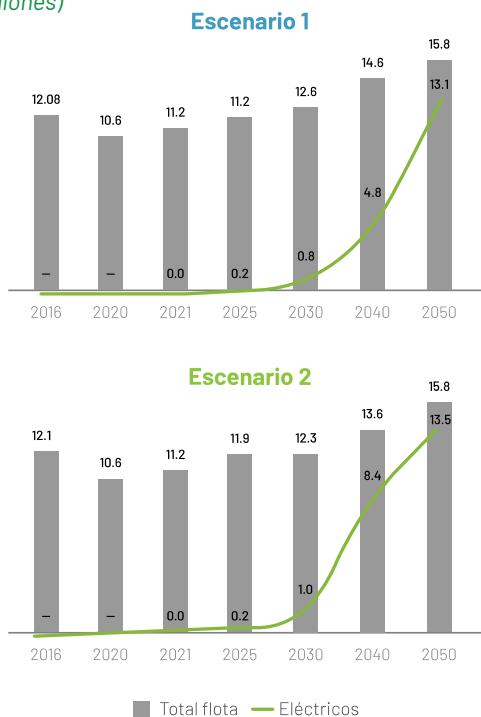
En un escenario sin incentivos monetarios por parte del Estado, ni restricciones a la circulación de autos con motores de combustión interna, significaría una penetración muy baja del EV en los primeros años. En el **Escenario 1**, donde la adopción del VEB se lograría a partir de su abaratamiento relativo, se espera una penetración del VEB del 6% para 2030 y 83% para 2050 del total del parque de vehículos privados.

Para lograr una curva acelerada de adopción del VEB debería seguirse una política de promoción del vehículo eléctrico, con incentivos para adoptar la tecnología y restringir la circulación de autos a combustión

interna, y en particular promover la electromovilidad en el transporte público de pasajeros, así como el uso de vehículos no motorizados. Como consecuencia, en el Escenario 2 se logra una curva acelerada de penetración de mercado alcanzando un 7% de participación de mercado al 2030 y una participación del 98% al 2050. Un mecanismo de súper-créditos que vincule a los productores de automóviles a una determinada cuota de créditos de vehículos cero-emisiones, como los adoptados en China, California y Canadá podría resultar muy efectivo para el incremento de la movilidad sostenible. Otras posibilidades incluyen la introducción de requisitos de instalación de puntos de recarga en edificios nuevos

y existentes. Las tasas de penetración en las nuevas ventas del EV privado en los dos escenarios se muestran a continuación.

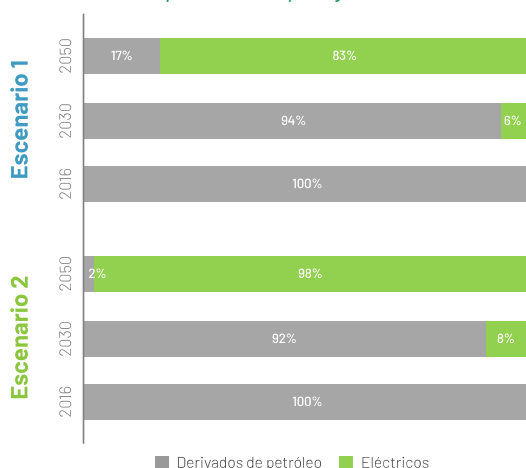
Figura 31: Electrificación de los vehículos privados (en millones)



Fuente: análisis Deloitte

Si se analizan las tendencias en el costo nivelado de la energía y en el precio de las baterías, podríamos concluir que, en un futuro cercano, la posibilidad de introducir una nueva tecnología como el VEB en el parque automotor de Argentina sería económicamente factible, lo cual permitiría la reconversión de los consumidores frente a una tecnología más competitiva.

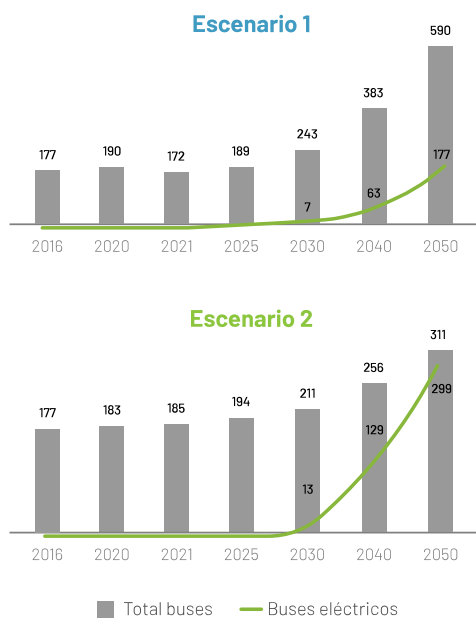
Figura 32: Vehículos privados (% pasajeros - km.)



Fuente: análisis Deloitte

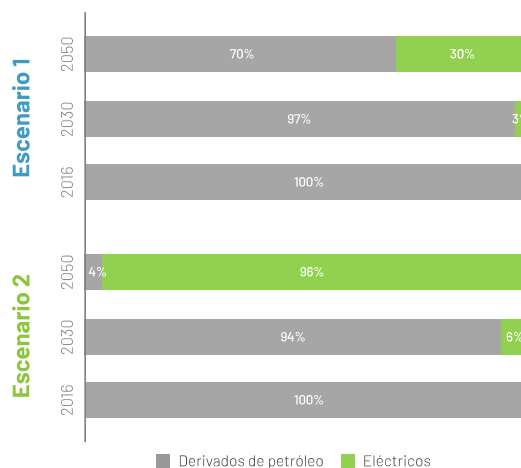
Tal como se ha mencionado anteriormente, para lograr una transición eficiente a vehículos privados eléctricos, es necesario además promover la electromovilidad en el transporte público de pasajeros apuntando principalmente a los buses eléctricos. Es por ello, que en el escenario **Escenario 1** se logra una tasa de penetración de mercado del 3% al 2030 y una participación del 25% al 2050. Mientras que en el escenario **Escenario 2**, la tasa de penetración de los buses eléctricos a 2030 es del 3%, mientras que a 2050 se estima una tasa de penetración para los buses eléctricos del 58%.

Figura 33: Electrificación de los buses (en miles)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 34: Buses (% Passenger - Km.)

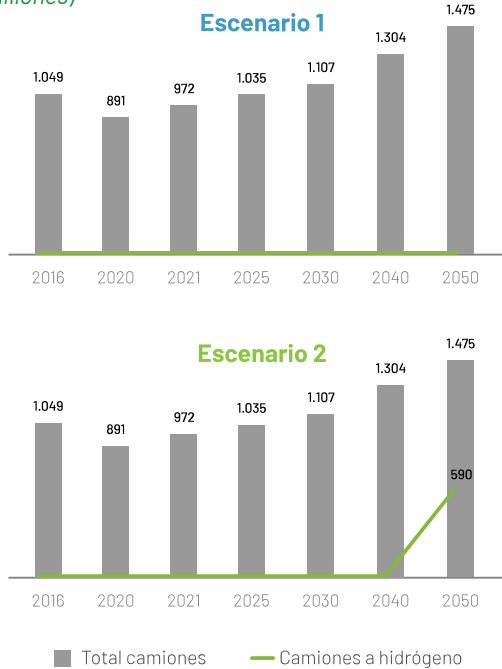


Fuente: análisis Deloitte

En lo que respecta al transporte de cargas, las medidas (que son exclusivas del Escenario 2) apuntan a promover la participación de los camiones a hidrógeno para el transporte de carga pesada, se incluye el uso del hidrógeno verde como vector de descarbonización. De esta manera, se alcanza una tasa de penetración de los camiones a hidrógeno a 2050 del 40%.

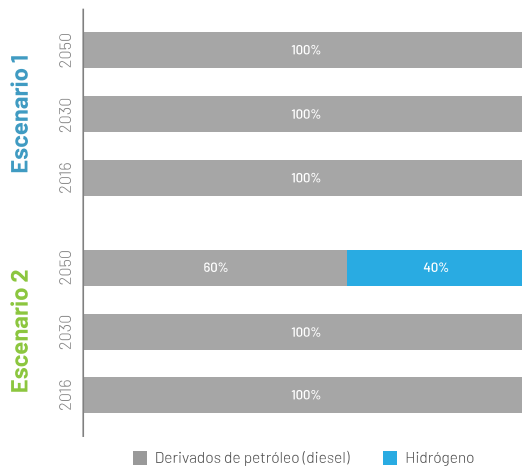
Mediante la adopción de nuevas normas con los mayores estándares de emisiones de CO2, Argentina obtendrá un impacto sustancial en las emisiones de GEI y una reducción significativa en la flota a combustible.

Figura 31: Electrificación de los vehículos privados (en millones)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 34: Buses (% Passenger - Km.)



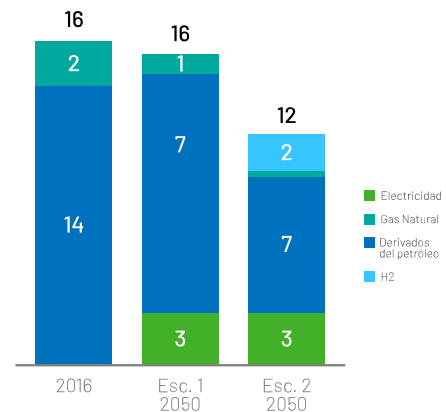
Fuente: análisis Deloitte

Para el sector de transporte de pasajeros y de carga (tanto naval como aéreo), las medidas de mitigación están enfocadas a la eficientización de tecnologías existentes con el fin de lograr una reducción en el consumo de combustibles fósiles.

En suma, todas estas medidas nos permiten reducir la demanda energética en un 11% para el año 2050 (en el escenario **Escenario 1**) y un con 25% (en el **Escenario 2**) con respecto al BAU.

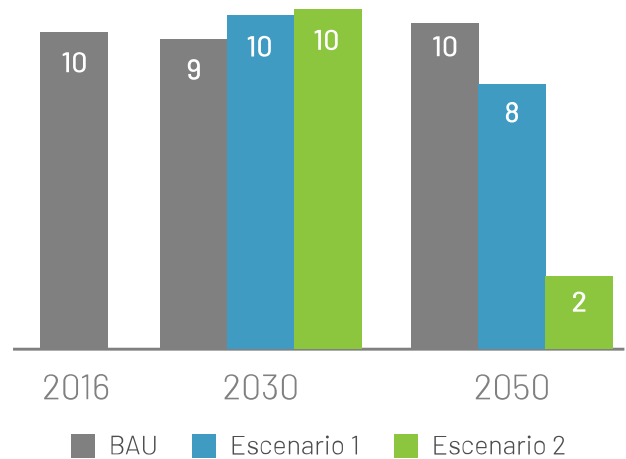
Con respecto a las emisiones de gases, se espera una reducción directa de 25,07 MtCO2eq en el escenario **Escenario 1** y de 48,98 MtCO2eq. en el **Escenario 2** con respecto a los valores proyectados en el escenario BAU a 2050.

Figura 37: Consumo energético final - sector transporte (Millones de TEP)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 38: Emisiones directas - sector Transporte (MtCO2eq.)



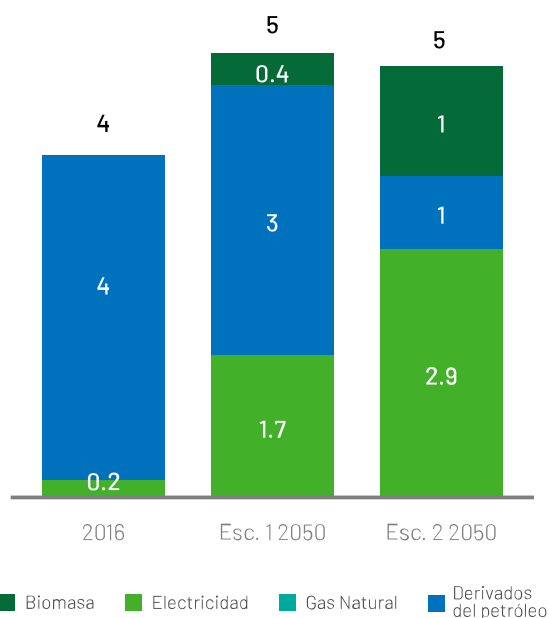
Fuente: análisis Deloitte

3.3.4 – Sustitución de combustibles en el sector agricultura

En los próximos 10 años se espera que a nivel global se produzca una migración tecnológica en la maquinaria agrícola que provoque cambios de paradigmas productivos, comparables a lo que produjo la irrupción del tractor diésel en las décadas del 50/60 del siglo pasado³⁴. Por ello, si bien en Sudamérica el desarrollo de la automatización y/o maquinarias que utilizan baterías de recarga eléctrica o solar (ya disponibles en algunos países de Europa) aún se encuentra en etapa de desarrollo y diseño de prototipos, la construcción de los Escenario 1 y Escenario 2 contempla la irrupción de este tipo de tecnologías de forma paulatina para el período 2016-2050.

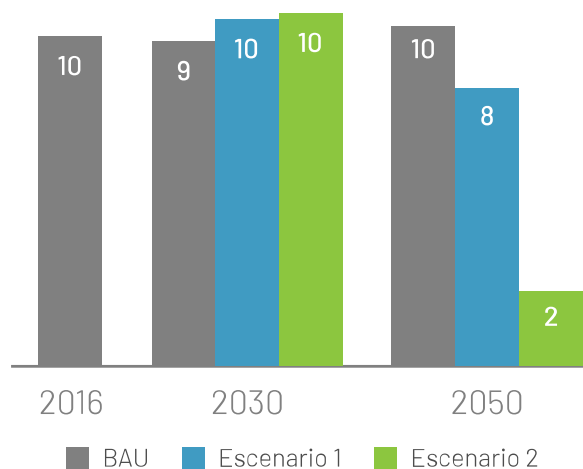
En términos de emisiones, se espera que la electrificación de maquinarias agrícolas genere una reducción del 18% (**Escenario 1**) / 78% (**Escenario 2**) en el consumo energético respecto del escenario BAU a 2050.

Figura 39: Consumo energético final – sector agricultura (Millones de TEP)



Fuente: análisis Deloitte

Figura 40: Emisiones directas – sector agricultura (MtCO2eq.)



Fuente: análisis Deloitte

3.4 – El rol del hidrógeno verde en la descarbonización de Argentina

Introducción del hidrógeno verde como fuente de energía limpia

El Hidrógeno verde es la mayor reserva de combustible no contaminante del mundo. Este gas se puede generar a partir de fuentes renovables, almacenarse y ser utilizado, a través de pilas de combustible, para generar electricidad sin emisiones de GEI.

El hidrógeno verde permite una verdadera integración de las energías renovables en todos los sectores: energía eléctrica, transporte, gas, industrias pesadas estratégicas como minería, fertilizantes verdes, refinerías, etc.; y una descarbonización de **sectores donde no es viable la electrificación.**

Se espera que el hidrógeno verde alcance paridad económica en 2030: el costo nivelado estimado para el hidrógeno azul es de 1,4 a 1,8 USD/kg mientras que, para el hidrógeno verde, este valor podría estar entre los 1,5 USD/kg para los proyectos off-grid del orden de 1 GW de potencia eólica y de entre 1,6 y 2,7 USD/kg para proyectos on-grid de hasta un orden de 100 MW. Esto facilitaría la adopción de tecnologías de hidrógeno y su masificación, sobre todo para la industria y la movilidad.

34 – Fuente: "La maquinaria agrícola, innovaciones y tendencias al 2030" - INTA

El rol que asume el hidrógeno verde como vector de descarbonización en la presente actualización de Hoja de Ruta de Transición Energética para Argentina a 2050

Una de las principales novedades que trae la presente actualización del estudio lanzado originalmente en 2019 radica en la profundización que se le ha dado al análisis del hidrógeno verde como vector de descarbonización. En nuestro estudio anterior, el análisis del hidrógeno verde había quedado circunscripto a un análisis de sensibilidad por lo que, en esta actualización, hemos ya incorporado este insumo como una realidad que ya se materializa en el **Escenario 2** más ambicioso, dado que las actuales tendencias de mercado empiezan a mirar con mayor optimismo la factibilidad para el desarrollo de esta fuente de energía.

Considerando las proyecciones de costos de este insumo y las restricciones propias del modelo que resultan de un nivel de ambición compatible con el logro del objetivo de carbono-neutralidad a 2050, el **hidrógeno verde se presenta como una solución costo-eficiente para aquellos sectores denominados difíciles de descarbonizar** (principalmente, los referidos a industria y transporte de carga pesada).

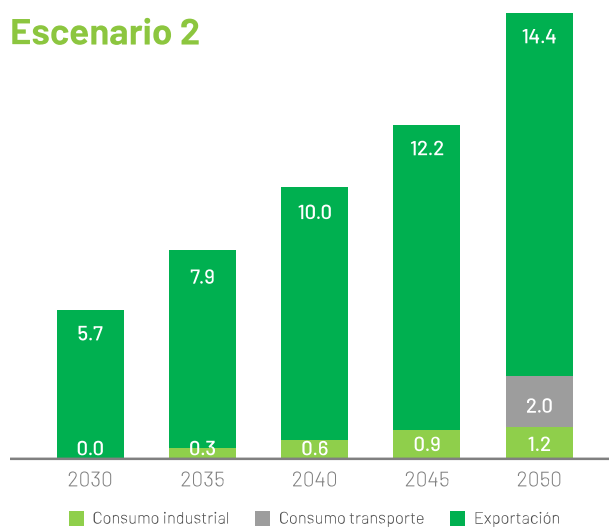
De esta manera, el modelo nos arroja como resultado para el **Escenario 2**, la necesidad de desarrollar proyectos de energía eólica y solar que faciliten la generación descentralizada de manera exclusiva a la generación de hidrógeno verde. Como resultado, se obtiene una producción total a 2050 de 1,6 millones de TEP.

En cuanto a la utilización del hidrógeno verde como vector de descarbonización, el mismo se emplea en el sector industrial (1,20 millones de TEP a 2050) y para el transporte de carga pesada (1,96 millones de TEP a 2050).

Por último, el modelo contempla el potencial de Argentina para ser un **país exportador de hidrógeno verde**. A 2050 se proyecta un volumen total de producción de 17,5 millones TEP de los cuales 14,4 millones de TEP se destinan a la exportación. De acuerdo a un último informe de la AIE, Europa, Japón y Corea del Sur serán las regiones que en 2050 sean importadoras netas de

hidrógeno, en los dos últimos casos, de alrededor el 60% de su consumo³⁵. El comercio internacional que estima la AIE es superior a 2.500 PJ. Las exportaciones de Argentina fueron consideradas en niveles equivalentes a las exportaciones previstas de otros países de la región por la AIE.

Figura 41: Hidrógeno verde como vector de descarbonización en el consumo interno (Millones de TEP)



Fuente: análisis Deloitte

3.5 – Incentivo a modelos de producción sustentable – sector no energético

El sector “no energético” comprende las siguientes ramas:

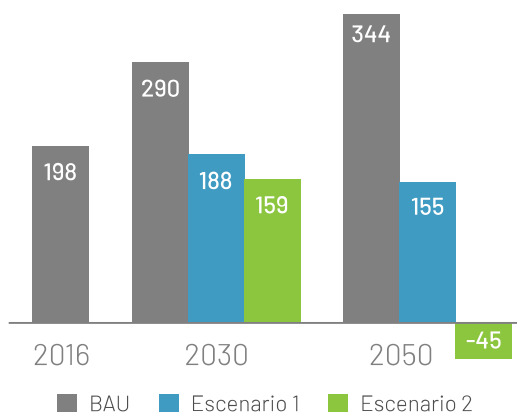
- Ganadería, silvicultura y otros usos de los suelos
- Tratamiento de residuos
- Emisiones fugitivas

Dado que representa uno de los sectores con mayor volumen de emisiones de gases de efecto invernadero, los escenarios proponen fuertes medidas de mitigación. Mientras que en el escenario BAU, el aumento del nivel de emisiones hacia 2050 es de 93%, el **Escenario 1** propone disminuciones para que dicho nivel de emisiones se reduzca en un 22% a 2050 con respecto a las registradas en el escenario de referencia. Por su parte, en el **Escenario 2**, las medidas disruptivas llegan incluso

35 – Fuente: IEA: “Global Hydrogen Review 2021”, 2021

a lograr reducciones del 121% con respecto a los niveles de emisiones del escenario BAU.

Figura 42: Emisiones – sector no energético (MtCO₂eq.)



Fuente: análisis Deloitte

3.5.1 – Sector Agricultura, Forestación y Otros Usos del Suelo (AFOLU)

Ganadería

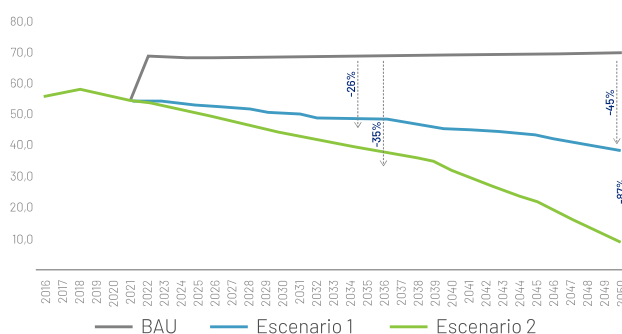
La ganadería en Argentina es un sector con gran actividad y clave para la economía del país (representa el 3,2% del PBI y casi el 6% de las exportaciones)³⁶, pero a su vez presenta una importante huella de carbono. En el año 2016, el sector ganadero fue responsable de la emisión de 9.68 MtCO₂ equivalentes³⁷ (un 2,7% de las emisiones totales de Argentina en aquel entonces). Si estos niveles continuaran con la misma tendencia creciente, proyectando hacia 2030 y 2050, los niveles de emisiones se hallarían en torno a los 9,47 y 9,96 MtCO₂ equivalentes respectivamente.

Los escenarios proponen mejoras en esta tendencia de aumento del nivel de emisiones, de distinto grado, pero con esfuerzos en distintas palancas a través de diversas medidas en lo que respecta al manejo de la ganadería, que ayudan a lograr resultados más favorables. El **Escenario 1** muestra reducciones por el 47% en 2050, con respecto a niveles BAU, mientras que

en el **Escenario 2**, la reducción es de 79%, mostrando disminuciones aún más agresivas.

Estas reducciones se logran mediante la implementación de medidas de mitigación de carácter sistémico, ambiciosas y estratégicas, que abarcan al subsector entero. La promoción de buenas prácticas y la mejora de procesos mediante el desarrollo de planes y programas públicos de extensionismo rural es fundamental para lograr estas metas.

Figura 43: Emisiones – subsector ganadería (MtCO₂eq.)



Fuente: análisis Deloitte

Usos de los suelos

El sector Uso de Suelos, Cambio de Uso de Suelos y Silvicultura (USCUSS) fue responsable de la emisión de 76,56 MtCO₂ equivalentes en 2016 (un 22% de las emisiones totales de Argentina en aquel entonces).

En caso de no aplicarse medidas que logren mitigar el nivel de emisiones, el sub-sector registraría niveles de 157,1 MtCO₂ equivalente en 2030 y 202,86 MtCO₂ equivalente en 2050. El **Escenario 1** propone medidas en torno a la forestación que buscan reducir estos niveles un 53% en 2030 y un 73% en 2050, mientras que el **Escenario 2**, en línea con estas medidas y también mediante la mejora en pastizales y el mejor uso de tierra para cultivo, propone reducciones de 67% en 2030, mientras que en 2050 se logran absorber las emisiones remanentes del sector y se logra la carbono neutralidad reduciendo un 147% en relación a los niveles del BAU.

36 – Fuente: INDEC

37 – Fuente: Segundo Informe Bienal De Actualización De La República Argentina A La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático Anexos 1 Y 2 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la República Argentina

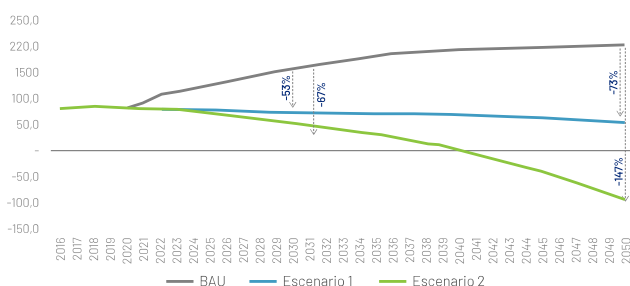
La reducción de la deforestación y la promoción del aumento de la superficie de las plantaciones forestales es fundamental para lograr las metas. A continuación, se muestran las medidas a implementar en el sector con el objetivo de alcanzar la carbono-neutralidad de Argentina mediante la reducción y absorción de las emisiones de GEI:

- **Manejo de cultivos:** restauración de tierras, manejo silvopastoril, reconversión de cultivos de arroz por cultivos permanentes y asociados, sistemas de secas intermitentes (SICA) en el cultivo de arroz para la disminución de GEI, manejo sostenible de los cultivos permanentes en la Amazonia para la disminución de GEI.

- **Manejo forestal sostenible:** mecanismos de conservación de bosques en comunidades nativas, asignación de derechos de tierras no categorizadas en la Amazonia y mayor intensidad en el **Escenario 2** mediante el desarrollo de programas de reforestación y agroforestería.

- **Mejora en pastizales.** De acuerdo al INTA para estudios realizados en la Provincia de Buenos Aires, en la primera-verano se observa una mayor disponibilidad de forraje que se traduce en un exceso de material muerto durante el otoño. Este exceso puede ser reducido utilizando rodeo de cría en los meses de marzo y abril y la reserva de pastos de primavera y verano para su utilización durante la parición, optimizando la rotación de pastoreo en función de un manejo por ambiente planificado.

Figura 44: Emisiones - subsector otros usos de los suelos (MtCO2eq.)



Fuente: análisis Deloitte

La ganadería y el uso de suelos, en conjunto con otras actividades relacionada a la agricultura, componen la totalidad del sector que denominamos AFOLU, que alcanzó niveles de emisiones por 135 MtCO2eq. en 2016. El **Escenario 1** propone reducciones con respecto a los niveles BAU del 44% y 66% para 2030 y 2050 respectivamente, mientras que **Escenario 2** lleva estos niveles a 57% y 131%.

3.5.2 – Residuos Sólidos

Ganadería

Las emisiones de GEI del sector residuos ascendieron en 2016 a 15,44 MtCO2eq. (representando un 4,3 % del total de emisiones de ese año), compuesto casi en su totalidad de emisiones de metano. La principal fuente de emisión es la subcategoría “Disposición de desperdicios sólidos en tierra” representando el 66,5% de las emisiones del sector, seguido de la subcategoría “Tratamiento de aguas residuales” con el 25% y el 8,5% restante proveniente de “Efluentes industriales”³⁸.

Las medidas de mitigación consideradas en el Escenario 1 podrían reducir las emisiones del sector en un 4% para el 2050 con respecto a la línea base (BAU). Las mismas se centran en lo siguiente:

- Recuperación y valorización material y energética de los residuos a través de reutilización, reciclaje, compostaje, co-procesamiento. Disposición final de los residuos en la infraestructura respectiva a través de la implementación de tecnologías que permitan la reducción de GEI.
 - » Construcción de rellenos sanitarios con tecnología semiareobia y con captura y quema centralizada de biogás.
 - » Segregación de residuos sólidos orgánicos para su valorización material en plantas de compostaje.
 - » Aprovechamiento del biogás generado en rellenos sanitarios para su valorización energética.

38 – “Segundo Informe Biental de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, Ministerio del Ambiente, Argentina

• Aumento de la cobertura actual de los servicios de saneamiento, considerando tecnologías que permitan la reducción de emisiones de GEI tales como:

- » Mejorar el tratamiento de aguas residuales y control de presiones en los servicios de agua potable.
- » Construcción de nuevas Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) para el cierre de brechas del sector de saneamiento.
- » Cobertura de lagunas anaerobias y quema de metano, e instalación de digestores anaerobios de lodos de PTAR para la captura y quema de metano.
- » Aprovechamiento de aguas residuales tratadas y biosólidos.

Por su parte, en el **Escenario 2**, las medidas incrementales con relación al escenario anterior es establecer una política de reciclado que permita disminuir la cantidad de residuos anuales por habitante, aumentando el esfuerzo de reciclaje a lo largo de toda la cadena económica. **Esto permitiría llevar las emisiones a un mínimo, y alcanzar una reducción del 20% en el 2050 versus el BAU.**

3.5.3 – Emisiones Fugitivas

Las emisiones fugitivas ascendieron en 2016 a 14,1 MtCO₂eq. (representando un 3,9% del total de emisiones de ese año). El sector de producción y transporte de gas es el principal emisor de metano. Las mismas se producen como consecuencia de las pérdidas de gas especialmente en transporte, y la quema o venteo de gas en boca de pozo. Los beneficios de disminuir las emisiones no son solo ambientales, pues el costo económico del gas perdido es sustancial. En conjunto con las emisiones fugitivas existen otras emisiones producto de procesos industriales no asociados al consumo de energía, que también deben tener una estrategia de mitigación.

Dentro de las principales medidas de mitigación se consideran las siguientes:

- Actualización o modificación de los equipos existentes, como válvulas reguladoras de baja emisión, tram-

pas de arena y deshidratador en la etapa de terminación de los pozos, que permitirían recuperar hasta el 92% del gas, de acuerdo a la experiencia de la industria; y el reemplazo de instrumentación neumática operada a gas.

- Cambios en prácticas operativas, incluyendo inspección directa y mantenimiento, con el objetivo de detectar las fugas mediante cámaras infrarrojas o medidores de alto flujo, entre otras.

- Sustitución de Clinker para disminuir la relación Clinker/cemento produciendo cementos adicionados con minerales, que permiten descarbonizar la piedra caliza y requerir un menor consumo energético del horno.

- Uso de combustibles derivados de residuos como sustituto de combustibles fósiles en los hornos de producción de Clinker, lo que permitiría reemplazar su disposición en rellenos sanitarios o del uso de tecnologías de incineración del material. El co-procesamiento en plantas de cemento asegura la extinción del residuo en condiciones ambientales seguras.

- Instalación de nuevo equipamiento, con menor factor de pérdidas en comparación con los equipamientos convencionales.

En el **Escenario 1** la implementación de las medidas antes descriptas logra reducir las emisiones un 18% a 2050. En el **Escenario 2** se establecen límites más estrictos y se incorporan norma de terminación de pozos que permitiría reducir en un 46% al 2050 con respecto al escenario BAU.

3.6 – Análisis de inversiones y costos en el sistema

Inversiones necesarias durante el periodo 2016-2050

Los cambios planteados en los escenarios requerirán de inversiones incrementales con relación al escenario de referencia, que a valor presente alcanzan USD 45.020 millones y USD 83.740 millones de 2016³⁹. Las inversiones abarcan todos los sectores económicos, especialmente la transformación de la matriz eléctrica y

³⁹ – Todos los valores se encuentran descontados a 2016, a la tasa utilizada por los organismos internacionales para países emergentes del 10%.

los cambios del sector transporte, incluyendo los cambios modales que desarrollen una mayor penetración del tren. Este último junto con la industria muestra que la inversión adicional entre el **Escenario 1** y **Escenario 2** es significativo, si se quiere lograr la reducción de emisiones en términos absolutos.

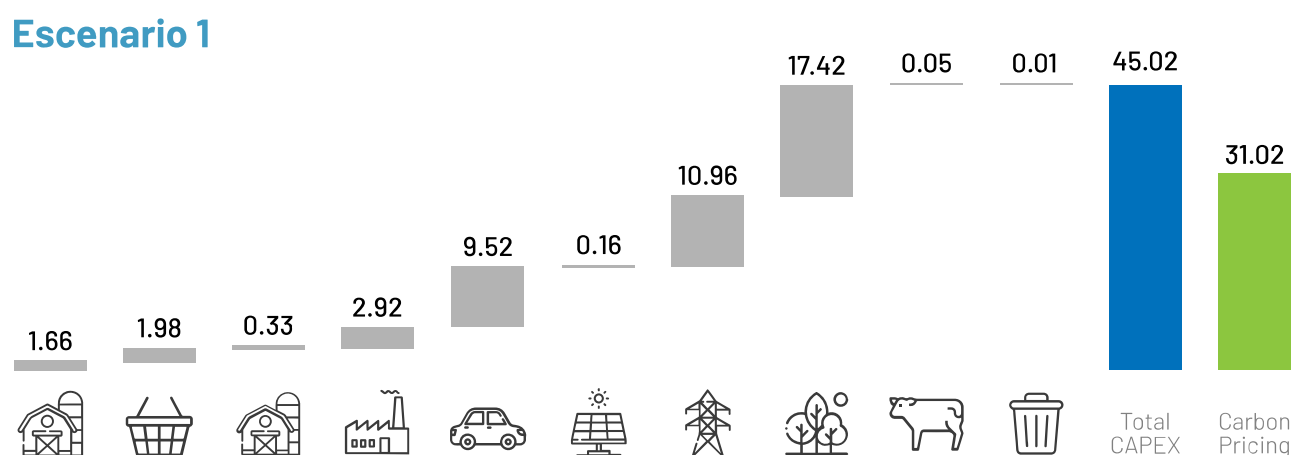
Un concepto central en la literatura sobre el cambio climático es que las emisiones de gases de efecto invernadero son una externalidad negativa y su costo social no está reflejado en el mercado. Medir el costo social del carbono requiere conocer los efectos sobre la salud humana y el ecosistema. Las principales mediciones a nivel internacional utilizan modelos de evaluación integrados que pueden dar un rango muy amplio dependiendo los supuestos utilizados. Dada esta incertidumbre, existen múltiples estrategias para lidiar con esta falla de mercado, que puede involucrar tanto políticas destinadas a reducir la cantidad de emisión como aumentar el precio de la emisión. Este último conocido como *Carbon Pricing*, el que idealmente debería fijarse al mismo valor que el costo social del carbono. Sin embargo, existe una conocida demostración que cuando el verdadero costo social es desconocido, un control cuantitativo resulta más conveniente⁴⁰. En este caso el precio del carbono

está implícito en las restricciones cuantitativas que se le pone al emisor.

Igualmente distintos países han avanzado con la introducción de distintos esquemas de precio de carbono que penalizan las emisiones, siendo esta una poderosa palanca política para apoyar la descarbonización y financiar las inversiones necesarias en la transición, al tiempo que estimulan la competitividad en las nuevas tecnologías, la creación de empleos y la innovación⁴¹. En la actualidad, alrededor de 40 gobiernos nacionales y 23 Gobiernos subnacionales han implementado mecanismos de fijación del precio del carbono, con lo que se cubre el 12 % de las emisiones mundiales⁴². En Argentina el 20% de las emisiones tienen un mecanismo equivalente al precio de carbono, de acuerdo al Banco Mundial, con un precio de 5 dólares la tonelada⁴³.

De las inversiones totales en cada uno de los escenarios, una parte se logra financiar mediante *Carbon Pricing*. A valores de 2016, hemos estimado que este mecanismo permitiría obtener un fondeo por un total de USD 31.020 millones en el **Escenario 1** y de USD 48.550 millones en el **Escenario 2**. De esta manera, las inversiones netas en cada escenario serían de USD 14.000 millones y USD 35.190 millones respectivamente.

Figura 45: CAPEX totales - en comparación al Escenario Inercial (miles de millones de USD)¹⁾



Fuente: análisis Deloitte

40 – Fuente: Weitzman, M. "Prices vs. Quantities", 1974 *The Review of Economic Studies*, 41(4)

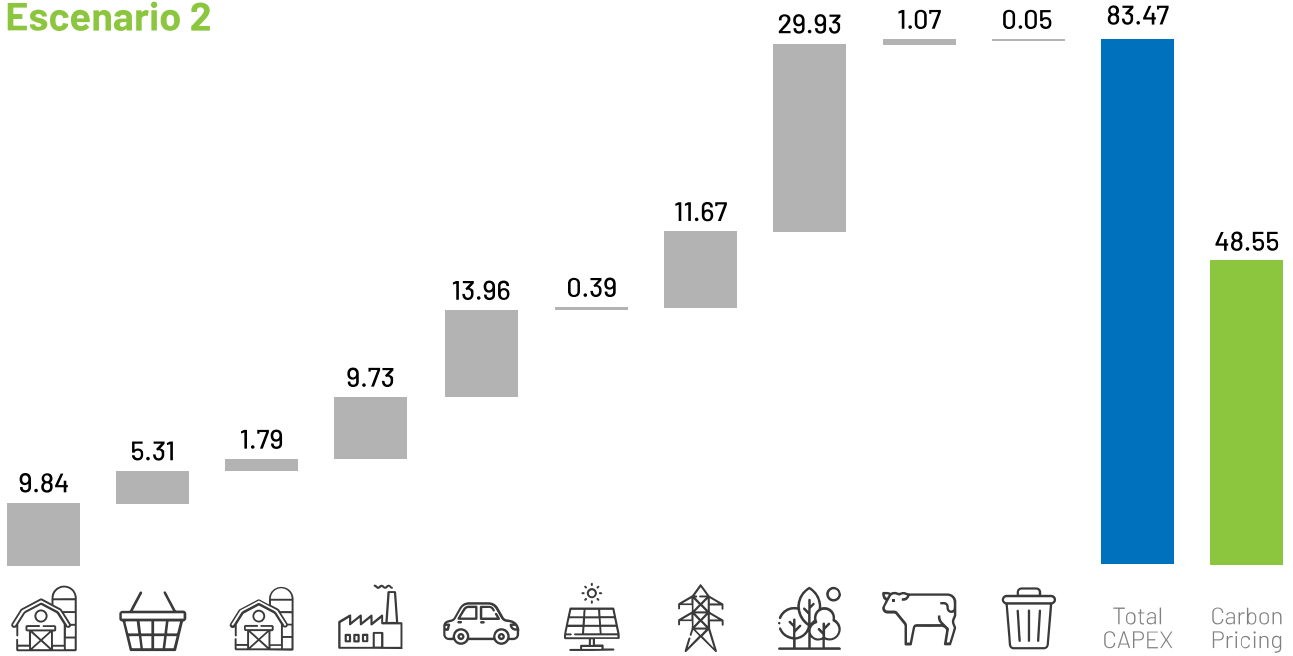
41 – Fuente: Coalición de Liderazgo para la Fijación del Precio del Carbono (CPLC, por sus siglas en inglés), una alianza mundial puesta en marcha durante las negociaciones sobre el clima en París, con el objetivo de reunir el apoyo público y privado para la fijación del precio del carbono en todo el mundo.

42 – Fuente: CPLC, Año 2016 (<https://www.cdp.net/CDPResults/carbon-pricing-in-the-corporate-world.pdf>)

43 – Fuente: Banco Mundial, 2022. "Stance and Trends of Carbon Pricing 2022"

Figura 46: CAPEX totales - en comparación al Escenario Inercial (miles de millones de USD)⁽¹⁾

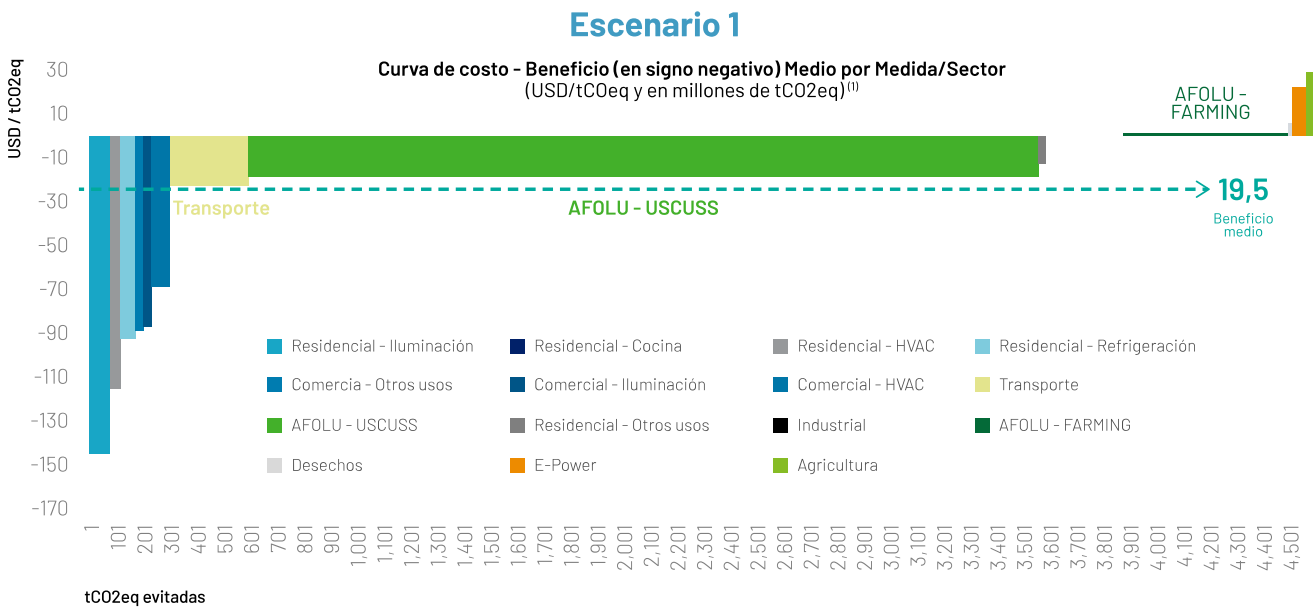
Escenario 2



Fuente: análisis Deloitte

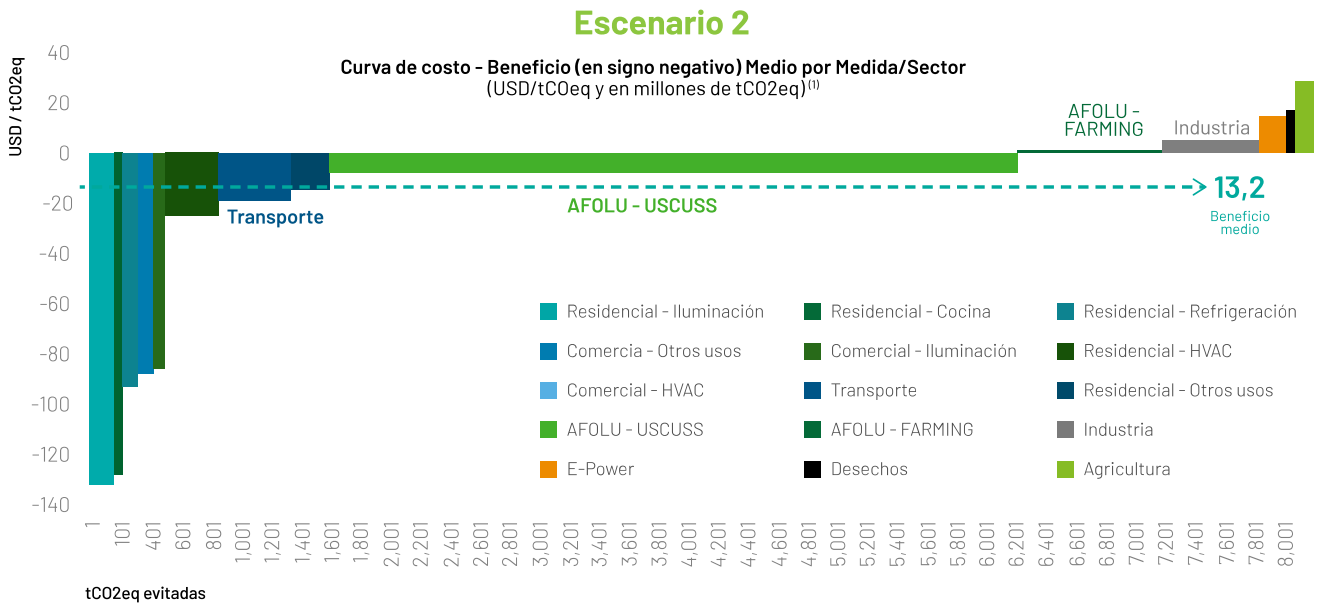
Cuando realizamos un análisis del costo-beneficio por medida de mitigación incluyendo, por un lado, el costo de implementación de los paquetes de medidas y, por otro, el beneficio generado en concepto de costo social de carbono⁴⁴, arribamos que el beneficio medio por tonelada de CO₂eq. es de USD 19,5 en el **Escenario 1** y de USD 13,2 en el **Escenario 2**.

Figura 47: Curva de Costo-Beneficio (en signo negativo) Medio por Medida/Sector (USD/tCO₂eq y en millones de tCO₂eq)⁽¹⁾



⁴⁴ – Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO₂eq. adicional de emisiones evitada.

Figura 48: Curva de Costo (beneficio) Medio por Medida/Sector (USD/tCO₂eq y en millones de tCO₂eq)⁽¹⁾



Si bien el beneficio medio resulta ser más alto en el **Escenario 1** en comparación con el **Escenario 2** (dado el menor volumen de inversiones en el primer escenario), si contemplamos el diferencial en cuanto a MtCO₂eq. evitadas, esta tendencia se revierte en términos de beneficios medios totales tal como analizaremos en el siguiente apartado.

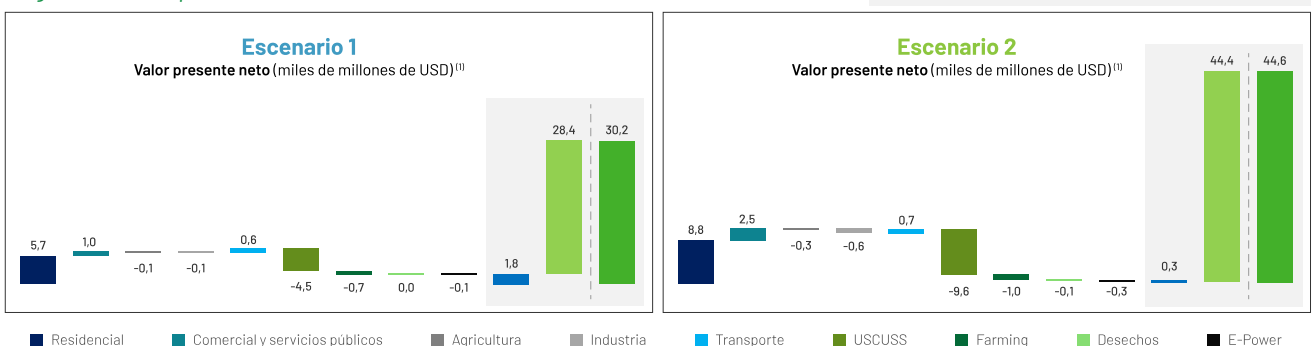
3.7 – Beneficios de la descarbonización

Las inversiones incrementales necesarias para alcanzar estos escenarios son más que compensadas por los ahorros logrados por la descarbonización. En el **Escenario 1**, el beneficio neto social para la economía en el período 2016 - 2050 es de USD 30.200 millones de dólares a 2016. En primer lugar, existe una marcada reducción del costo del consumo de las fuentes primarias de energía. Esto es, el ahorro por el menor consumo de combustibles fósiles es mayor que las inversiones en generación eléctrica, transporte y el costo de suministro necesario para su reemplazo.

En el **Escenario 2** el beneficio neto para la eco-

nomía sigue siendo positivo y ampliamente superior al escenario anterior, al alcanzar los USD 44.600 millones en el período 2016 - 2050. Aun cuando las inversiones para evitar las emisiones son mayores (especialmente en los sectores industria, transporte y el sector vinculado al uso de suelos y tierras forestales), los beneficios derivados por la mejora de eficiencia energética en el sector residencial, comercial y servicios públicos y también el beneficio al reducir una mayor cantidad de consumo de recursos primarios, crecen a una mayor tasa. **Como resultado podemos concluir que un mayor esfuerzo económico permite a su vez alcanzar mayores beneficios netos totales.**

Figura 49: Valor presente neto (miles de millones de USD)



tCO2 eq. evitadas mill.	Escenario 1										4.588	■ Subtotal
	193	130	25	295	296	2.966	618	14	52			
	Escenario 2										8.197	■ Costo social del CO ₂ ⁽³⁾
	800	316	117	654	484	4.611	973	51	190		■ Beneficio acumulado	

(1) Los valores positivos indican beneficios netos y los negativos costos netos resultantes de las medidas por sector, a valor presente neto descontado a una tasa del 10%.

(2) No considera el uso de redes inteligentes que permitan reducir el pico de demanda.

(3) Por costo social de carbono se entiende al valor económico por la tonelada CO₂eq. adicional de emisiones evitada. Calculado a USD 44 la tCO₂eq.

Fuente: análisis Deloitte

La transición energética genera empleo, inversiones y es económicamente beneficiosa considerando los costos sociales del carbono.

El camino hacia una transición justa

En el Acuerdo de París se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición aumentará la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo. Implica tanto al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) N°8 de la ONU que busca promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo el trabajo decente para todos, como al ODS N°13 centrado en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Alcanzar el Objetivo N°8 implica la creación de +600 millones de nuevos empleos para 2030, siguiendo el ritmo de crecimiento de la población mundial en edad de trabajar.

La reducción de emisiones de GEI implica cambios dentro y entre sectores económicos, así como cambios entre las diferentes regiones a nivel global. Una transición mundial hacia una economía sostenible y con bajas emisiones de carbono tiene efectos positivos y negativos en el empleo. A nivel general, en las industrias y servicios descarbonizadas la producción y el empleo crecerán, mientras que los sectores intensivos en energía y recursos probablemente se estancarán o contraerán. Esto resultará en:

- **Creación de empleos** dada por la expansión de productos, servicios e infraestructura de bajo consumo de carbono.

- **Sustitución de empleos** como resultado de cambios en la economía en cuanto a eficientización, menor contaminación en procesos de producción y descarbonización.

- **Eliminación de empleos** cuando las actividades económicas contaminantes y de uso intensivo de energía y materiales se reducen o se eliminan por completo.

- **Transformación y redefinición de empleos** cuando se respeten las prácticas laborales cotidianas, los conjuntos de habilidades, los métodos de trabajo y los perfiles laborales.

Otra dimensión que es importante tener en cuenta junto con el cambio en el número de puestos de trabajo es la calidad del empleo. Los empleos creados en la transición deben ser “decentes”, es decir que deben proporcionar ingresos adecuados y protección social, condiciones de trabajo seguras, respeto de los derechos en el trabajo y diálogo social. Además, los derechos de los trabajadores deben garantizar que tanto hombres como mujeres tengan igualdad de oportunidades, estén protegidos contra la discriminación, y tengan acceso a la política de licencias de maternidad y paternidad.

La escala y el alcance de estos cambios dependen de la velocidad y amplitud de los cambios tecnológicos y de mercado en la transformación verde. Tales impactos deben ser suavizados a través de la creación de políticas de transición justa para trabajadores afectados y su comunidad⁴⁵.

En América Latina la descarbonización puede generar 15 millones de puestos de trabajo netos en la región para 2030: resultado de 22,5 millones de puestos de trabajo creados y 7,5 millones de empleos eliminados⁴⁶.

En Argentina se estima que, a 2050, se crearán 3.600.000 puestos de trabajo netos provenientes de la creación de 5.000.000 nuevos puestos de trabajo para el 2050 de los cuales 3.500.000 pertenecerán al sector de la construcción, 700.000 al de minería de cobre, otros 500.000 estarán relacionados a las energías renovables y los 300.000 restantes pertenecerán a la manufactura de insumos eléctricos. Por otro lado, 1.400.000 puestos de trabajo, relacionados especialmente al sector de refinación y extracción de petróleo y a la minería se verán amenazados⁴⁷.

En el camino hacia una transición justa se deben identificar las mejores prácticas impuestas a nivel global. Se debe abordar el problema de la competitividad internacional a través de los precios del carbono y los ajustes fiscales en la frontera.

Cuatro recomendaciones que llevan a una transición energética justa para todos⁴⁸:

1. Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas

a través de Bonos de Inversión de Transición Energética, Clusters Energéticos Nacionales sobre tecnologías de electrificación, Esquemas financieros innovadores para tecnologías maduras, Concientización.

2. Gestionar el empleo y las oportunidades

a través de medidas sociales para los trabajadores (ej.: jubilación anticipada), nuevos programas educativos (ej.: economía circular) y el desarrollo e implementación de programas de capacitación.

3. Abordar la pobreza energética

mediante la creación de un índice para medir la pobreza energética, la

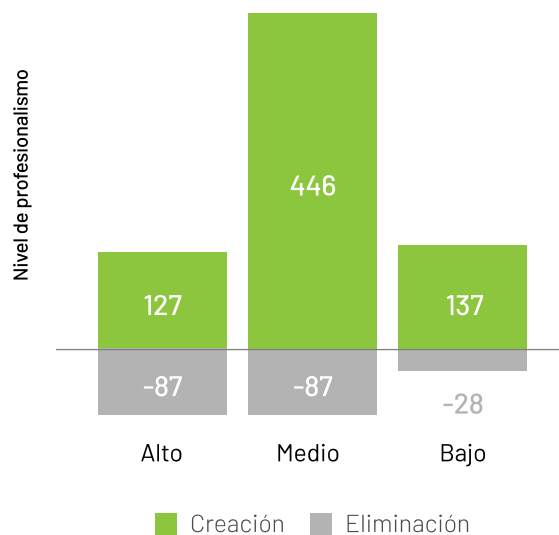
creación de subsidios/planes de protección social para hogares de bajos ingresos y/o la introducción progresiva de reformas de precios.

4. Promover una redistribución justa de los costos de transición, revisando los componentes de costos dentro de la factura de electricidad y/o eliminando impuestos/gravámenes indebidos de la factura de electricidad.

Una transición justa hace hincapié en un enfoque participativo de la sostenibilidad ambiental y social. El diálogo social que da voz a las preocupaciones y necesidades de trabajadores, empleadores y comunidades, afectados por la transición hacia cero emisiones netas, ayuda a crear confianza y forja el consenso.

Figura 50: Creación neta de empleos en Argentina a 2050 en el Escenario 2

Negocios creados y reemplazados en el sector renovable al 2050 - Escenario 2



Fuente: análisis Deloitte

45 – “Just Transition of the Workforce, and the Creation of Decent Work and Quality Jobs”, Technical Paper, United Nations.

46 – “El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe”, Organización Internacional del Trabajo

47 – Análisis Deloitte en base a lo publicado por la Organización Internacional del Trabajo en su artículo “El empleo en un futuro de cero emisiones netas en América Latina y el Caribe”

48 – Análisis Deloitte en base “Just E-volution 2030 Study; Enel, Enel Foundation, The European House – Ambrosetti, 2019



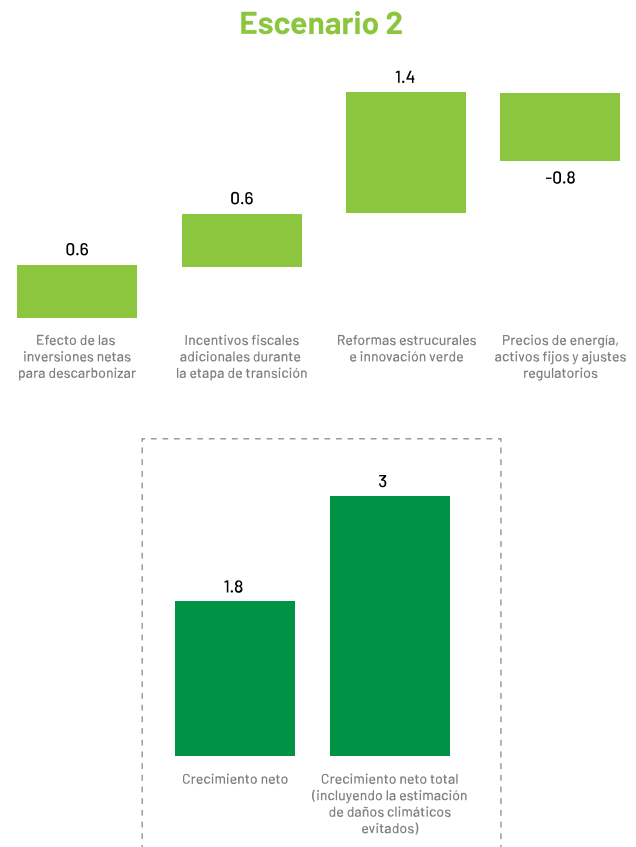
Fuente: análisis Deloitte

La transición implicará cambios estructurales con un fuerte impacto sobre determinadas regiones, áreas. Para no dejar a nadie atrás, dicha transición debe ser justa.

Impacto en el PBI de las medidas de mitigación

La combinación de reformas económicas con políticas ambiciosas sobre el clima puede estimular el crecimiento económico al tiempo que moviliza la inversión necesaria para lograr objetivos climáticos a largo plazo. **Los resultados sugieren que una “transición decisiva” colectiva puede propiciar un crecimiento económico de hasta un 3% si se considera el impacto de los daños climáticos evitados.**

Figura 51: Efectos positivos sobre el GDP en Argentina a 2050 (diferencia vs. BAU)



Fuente: análisis Deloitte elaborado en base a reporte de OECD "Investing in Climate, Investing in Growth"

Recomendaciones para una transición energética justa



4. Recomendaciones para una transición energética justa

A partir del análisis de la visión a largo plazo del modelo energético argentino a 2050 y del período de transición, se plantean un conjunto de recomendaciones a considerarse para direccionar a Argentina hacia una descarbonización eficiente.

En primer lugar, se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050 en todas las áreas que impacten en los niveles de demanda energética, las industrias relacionadas con la generación y transformación de energía, y sobre lo que respecta al sector no energético. Dentro de cada categoría, se debería apuntar a nivel de cada subsector con políticas concretas que modifiquen y alteren las condiciones, funcionamiento y niveles de eficiencia, entre otras cuestiones, para lograr los objetivos planteados en el marco de reducción de gases de efecto invernadero (GEI).

Se espera que estos objetivos y las políticas relacionadas sirvan de guía para entidades reguladoras con el fin de incentivar la descarbonización a nivel nacional, contando con el aporte de los distintos agentes económicos y los consumidores de energía.

Históricamente el país ha tenido un aumento sostenido en los niveles de emisión de GEI, siendo la Energía, Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra los sectores que mayor participación en las emisiones totales poseen. Por lo tanto, estas recomendaciones encuentran su origen y fundamento en la necesidad y en la potencialidad de Argentina para imponer metas y definir medidas en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

“Se propone determinar objetivos vinculantes de descarbonización de cara a 2030 y a 2050”

4.1 – Recomendaciones para la generación eléctrica a partir de una matriz verde

La electrificación de los usos finales de la energía es característico de las sociedades actuales. En el marco del Acuerdo de París y los beneficios que generará la transición energética para el país como desarrollo económico, productivo y social, se propone incentivar una mayor utilización de la energía eléctrica como fuente de energía provista por fuentes menos contaminantes en especial fuentes renovables, dado el potencial que la Argentina tiene para el desarrollo de dichos recursos. El potencial del Noroeste y Cuyo para desarrollar tecnologías solares fotovoltaicas, el aprovechamiento de cauces mediante pequeñas hidroeléctricas en la región cuyana, las tecnologías eólicas con enorme potencialidad de crecimiento, especialmente en el Sur y Sudeste del país, y el biogás en la región Pampeana, entre otras tecnologías, permiten proponer una electrificación de la matriz a nivel nacional. La movilización de recursos que dispone el país (gas, irradiación, vientos) conjuntamente con una adaptación tecnológica y políticas adecuadas reducirá los precios de mercado.

Recomendación 1: Contar con el desarrollo de una política energética de largo plazo a nivel federal-estatal que permita acelerar la Transición Energética asegurando el desarrollo sostenible del País.

La transición energética hacia una matriz energética sostenible requiere de la acción conjunta de todos los sectores de la economía hacia el cumplimiento de metas claras y objetivos específicos a nivel federal y estatal. Estas últimas deberán ser plasmadas en el desarrollo de una política energética de largo plazo (consensuada, aprobada, transparente y sostenida) que permita dejar de tomar decisiones individuales y aisladas para comenzar a aplicar un modelo de acción conjunta. Esta política deberá contar con:

- Diseño de reglas claras, previsibles, respetadas y de largo plazo;
- Generación de las condiciones macroeconómicas adecuadas, fomentando la inversión, la estabilidad macroeconómica, la seguridad jurídica, el acceso a divisas y la estabilidad fiscal y regulatoria.

Por otro lado, el desarrollo de una política energética se deberá insertar dentro de una estrategia nacional de largo plazo que asegure su continuidad en el tiempo y evite retrocesos y paralizaciones. De esta manera, se deberá considerar:

- La elaboración y cumplimiento de un plan energético de largo plazo aprobado por el Estado Nacional, con amplia participación de los actores del sector en su elaboración, que considere la disponibilidad de recursos naturales, el impacto en los usuarios finales y la movilización de recursos financieros para su ejecución.
- En los últimos años las autoridades públicas han publicado sucesivos escenarios o lineamientos, pero solo un número menor de las medidas identificadas fueron incorporados en el Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, y un número todavía menor se ha convertido en leyes.
- Para que el plan energético tenga sustento, es necesario la revisión periódica de las metas y alcances

obtenidos, fundamentado en estudios que den cuenta de los costos de cada tecnología, los recursos disponibles, las nuevas tecnologías que la transición habilita y los cambios en la conducta de los consumidores. Los escenarios o incluso la realización de una prospectiva anual, como suele hacerse en países vecinos, es el primer paso;

- La participación del sector privado será crucial en la provisión, transmisión y distribución de energía. La participación en la planificación de largo plazo es un insumo clave para confirmar las hipótesis utilizadas, compartir múltiples visiones sobre el futuro de la energía y dónde existe más incertidumbre y en qué áreas existen restricciones para poder cumplir los objetivos del plan.

Además, el diseño de la política energética a largo plazo deberá priorizar **8 objetivos claves:**

- 1.** Materializar la transición energética hacia una matriz energética diversificada que asegure alcanzar en 2050 los compromisos de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asumidos por Argentina con la comunidad internacional;
- 2.** Proveer a los consumidores una energía competitiva y asequible;
- 3.** Asegurar el suministro y el acceso a la energía a la población vulnerable;
- 4.** Asegurar que todas las inversiones públicas que sean necesarias realizar cuenten con los estudios técnico y económicos que confirmen la factibilidad integral de los proyectos individuales;
- 5.** Garantizar la calidad, la seguridad y la confiabilidad de los suministros;
- 6.** Diseñar una estructura de precios y tarifas que reflejen los costos reales de suministro eliminando sobrecostos de políticas que distorsionan la señal de precio y que sean adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda;
- 7.** Introducir en las políticas los incentivos suficientes

para cumplir los objetivos, dada la complejidad de la política energética, ahí donde es necesario complementar las señales de precio;

8. Asegurar que todas las políticas incorporen las directrices de la política ambiental, de límites a las emisiones contaminantes, de calidad del aire y el agua, en coordinación con las autoridades responsables.

Recomendación 2: Acelerar el desarrollo de una matriz de generación eléctrica libre de emisiones a través de una planificación de largo plazo.

La Ley 27.191 es el puntapié inicial para establecer el diseño de la matriz eléctrica del futuro. A partir de los escenarios de planificación de largo plazo y objetivos de reducción de emisiones, se deben establecer las políticas e incentivos para satisfacer la nueva demanda de cara a 2050, cuáles proyectos y en qué fecha se espera incorporar el potencial hídrico relevado desde hace mucho tiempo, cuál es la penetración de la generación renovable considerando la introducción de almacenamiento y sistemas electrónicos de control, el respaldo térmico compatible con el escenario planteado- que deberá contar con una política de gerenciamiento de la reserva óptima en el sistema que garantice la operatividad ante eventos normales como extraordinarios, incorporación de centrales nucleares y el retiro de activos de generación térmica de baja eficiencia y con un alto nivel de obsolescencia.

Esta planificación deberá considerar el mínimo costo para el usuario, tomando en cuenta además el costo social de la emisión de carbono y el desarrollo de la infraestructura de transporte y distribución necesaria. Para esto resultará necesario monitorear y actualizar periódicamente el plan en base a la evolución de los costos de las tecnologías.

La configuración esperada de la matriz debe dar lugar a una reforma del mercado eléctrico mayorista para que remunere de forma competitiva la generación de energía como el respaldo de potencia, diseñando un mercado de capacidad compatible con la alta penetración esperada de energía renovable. Entre las reformas se debe analizar si el costo marginal de corto plazo sigue

siendo una señal de precio eficiente no solo para el despacho de la generación a mínimo costo, sino para expandir la oferta, e introducir nuevos mercados de negociación o licitación de energía acorde a los cambios en el funcionamiento del mercado mayorista.

Propuesta regulatoria:

Para acelerar el desarrollo de nuevas centrales se sugiere dinamizar el sector privado a través de la contractualización mediante mecanismos competitivos de mediano y largo plazo que independice la decisión del mercado de energía de la política y que logre reducir los costos operativos y, por ende, el precio final de la tarifa del servicio. A partir del 2023 la energía de los Agentes dependientes del Estado Nacional tendrá como destino la garantía del abastecimiento prioritario de las demandas residenciales atendidas por los Agentes Distribuidores. La obligación de abastecimiento de los usuarios mayores de 10KW correrá por su cuenta dando una ventana de tiempo que permita escalonar los contratos y desarrollar nueva Generación Instalada o con Centrales cuyos contratos con CAMMESA venzan con posterioridad a dicha fecha. Los Usuarios deberán contractualizar su demanda mediante un contrato físico pactando un precio, un volumen de entrega de energía por un periodo determinado y una garantía de potencia asociada al mismo. Así mismo se debe contemplar en la legislación la figura de los Proveedores de programas de "Gestión de Demanda"

Recomendación 3: Impulsar el desarrollo de técnicas de almacenamiento de energía como soporte del desarrollo de las energías renovables, la mejora de la calidad de servicio y reducción de costos

Hasta el momento en Argentina la práctica desarrollada de almacenaje para abastecimiento eléctrico se basó en la utilización de centrales hidroeléctricas de "bombeo" (que bombea agua de un embalse inferior hacia uno superior durante horas de baja demanda y turbinan esa misma agua desde el embalse superior al inferior durante horas de alta demanda). En la recomendación de impulsar el desarrollo de la energía hidroeléctrica (fomentando el uso de recursos propios del país) deberá incluirse el impulso de aquellos proyectos que permitan

esta mecánica.

Por otra parte, se destacan los avances en la reducción del costo de almacenamiento con baterías químicas (ion de litio) y baterías de flujo, como las más analizadas) que ha sido importante en los últimos años y se espera que, a partir de 2030, o antes los costos de estos equipamientos sean competitivos por lo que el uso de este recurso será difundido de mayor manera.

El uso de este tipo de baterías, muchas de ellas modulares y portátiles, deberá impulsarse para lo siguiente:

- En centrales del tipo renovable, para mitigar los efectos de la variabilidad de los recursos solares y eólicos sobre la variación de producción de este tipo de centrales (mitigando por lo tanto los efectos de la alternancia sobre la calidad de servicio eléctrico y la necesidad de utilización de reserva rotante de origen fósil como alternativa). Para este efecto se debe destacar también los avances en electrónica de potencia que permiten resolver desbalances de suministro prácticamente en tiempo real (de manera automática). Esta práctica permitirá a este tipo de centrales ofrecer mayor firmeza en su producción, favoreciendo temas contractuales e incrementando seriamente el factor de uso de las mismas.

- En la Transmisión, reemplazando el uso de generación forzada ineficiente debido a la congestión en las redes de Alta Tensión, por la disponibilidad de energía almacenada equivalente y de rápida respuesta dado el uso de la electrónica de poder.

- En la distribución, reemplazando unidades de generación móvil (UGEMs) que consumen combustible fósil por baterías de última generación, las que no requieren de logística de combustible para su operación y las deberán poder operar de manera remota y automática reduciendo tiempos de interrupción. Adicionalmente esta tecnología permitirá que el distribuidor incremente su participación en los servicios de “respuesta de demanda”.

- En la demanda final, permitiendo al usuario hacer uso de la energía almacenada ante variaciones en la red y poder participar de servicio de “respuesta de demanda” (ver más adelante). En este sector, se recomienda que

la legislación contemple que los vehículos eléctricos puedan devolver energía a la red en el momento que el sistema lo requiera (o en horarios preestablecidos) con una tarifa diferencial por bandas horarias y/o emergencia. Será necesario el impulso de medición inteligente y de sistemas electrónicos que permitan esta operación.

Estas prácticas tienden a reducir los costos operativos generales del sistema, pero se deberá tener en cuenta que:

- La autonomía del uso de baterías es limitada, por lo que la regulación deberá impulsar la reducción de los tiempos de interrupción y fomentar la eliminación de las restricciones de transporte, mediante políticas tarifarias que apunten en ese sentido, de otra manera el rendimiento técnico/económico analizado en base a estas prácticas no se alcanzará.

- Para que estas prácticas sean sustentables, se debe impulsar el objetivo de lograr una matriz energética la más descarbonizada posible, dado que en los momentos de “carga” de los recursos de almacenamiento, esta no se realice en base al uso de carbón o equivalente fósil.

Por lo tanto, deberá impulsarse una regulación que no contemple solamente disponer de un nivel de remuneración para aquel usuario que disponga de sistemas de almacenamiento que permita el desarrollo, si no también que analice la evolución del sistema y su inserción.

Deberá hacerse foco en que el desarrollo de los sistemas de almacenamiento requerirá de estudios técnico y económicos para la definición de los mejores módulos de almacenamiento y tecnologías, pero debe ser coordinado con el desarrollo de la matriz de generación.

Recomendación 4: Impulsar técnicas de Gestión de Demanda (Respuesta de Demanda o Demand Response) y otros programas relacionados actualizando los valores de remuneración de estos servicios.

La “Respuesta de demanda”, forma parte de la denominada gestión de energía y en términos simplificado representa las acciones que un usuario del sistema eléctrico puede realizar en beneficio del sistema de

abastecimiento en su conjunto, históricamente la primera acción a tener en cuenta es a autocortar su propia demanda para evitar colapsos mayores en el sistema y por esta acción el usuario recibe un beneficio económico.

En Argentina desde hace algunas décadas esta acción está prevista en los procedimientos normales del sistema (Interrumpibilidad, Servicio de Reserva Instantánea, participación en sistema de "Alivio de Cargas", etc.) pero estas acciones parecen no ser atractivas al común de los usuarios demandantes, básicamente porque los valores de remuneración son despreciables o no competitivos con los intereses de los usuarios o simplemente porque no están enterados que estas prácticas existan.

Por lo tanto, como primera medida se recomienda al regulador, actualizar los valores de remuneración de estos servicios, llevándolos a valores competitivos.

Siguiendo con el desarrollo de estos servicios, como se comentó en el punto anterior, el desarrollo de los sistemas de almacenamiento (inclusive a nivel de usuario final) permite hoy día que la gestión de demanda pueda participar adicionalmente aportando energía a la red (es decir no solo participar reduciendo demanda cuando se necesite, sino también aportando al sistema cuando este lo requiera).

Esta capacidad permitiría al agente (pudiendo este ser un Transportista, un Distribuidor o un usuario final, si la futura regulación lo permite, cosa que debería impulsarse) participar de otros servicios (Regulación primaria y secundaria de frecuencia, recorte de punta de carga, generación forzada y en definitiva los servicios equivalentes de un generador).

Estos servicios requerirán de una remuneración acorde al nivel de inversión necesaria, teniendo en cuenta que no solamente deberá disponerse de un sistema de almacenamiento, sino también de sistemas de comunicaciones acordes a la operación, equipamiento electrónico de potencia que permita dicha operación, etc.)

Será necesario por lo tanto una revisión de los valores de remuneración, por ejemplo, de regulación primaria, secundaria, y los correspondientes a la gestión de reservas operativas (incluido arranque y parada) dado

que la Gestión de demanda podría tomar estos valores como referencia.

La incorporación del almacenamiento en batería en temas técnicos como la regulación de frecuencia y reservas operativas deberán contemplar marcos normativos que incentiven a la contratación de servicios eficientes de flexibilidad para el parque térmico.

Recomendación 5: Priorizar el desarrollo de una regulación que incentive las inversiones necesarias en las redes como urgencia en el corto plazo.

Varios corredores del país se encuentran saturados, son insuficientes, y no garantizan en nivel de confiabilidad y por lo tanto son una limitación gravitante para el desarrollo económico del país. Además, se debe considerar que el Sistema de Transporte define la máxima calidad a ser percibida por los usuarios. Es decir, las Distribuidoras no pueden "mejorar" la calidad recibida del Transporte. El desarrollo de las nuevas centrales de generación requiere de infraestructura de transporte que deberá ser acompañado por un nuevo marco regulatorio. Pero no debe olvidarse que el objetivo último es atender el crecimiento de la demanda de potencia en los centros de consumo. La expansión del sistema de transmisión debe planificarse de modo tal de minimizar el costo conjunto de atender la demanda, atender el pico del sistema y propender a la integración regional. Esta inversión debe analizarse considerando los beneficios incrementales de todo el transporte energético. Es decir, considerando el reemplazo de la necesidad de transportar gas natural para la generación térmica.

La situación en las redes de distribución es similar con zonas que se encuentran saturadas y necesidades de inversión. Este desarrollo en las redes de baja y media tensión llevará a que mejoren los índices de Calidad juntamente con la reducción de la necesidad de generación forzada con combustible, fósil haciendo que los tiempos de falla sean compatibles con la autonomía de sistemas de almacenamiento eficiente.

Propuesta regulatoria:

Para la planificación de la expansión de la red se debe considerar los nuevos desafíos que plantean una

matriz diversificada y el crecimiento de las fuentes de generación renovable. Un diseño que tenga como objetivo prioritario eliminar o reducir la congestión que puede resultar en una extensión excesiva o innecesaria, producto de un bajo nivel de utilización. La red y su diseño debe considerar dónde se encuentra el mejor recurso disponible, continuar mallando el sistema ahí donde existe un único vínculo, pero también cómo se optimiza la utilización de todos los recursos. El ejemplo tradicional es la complementariedad del recurso eólico con el respaldo hidroeléctrico, o la generación centralizada solar con respaldo de baterías. Pero en última instancia su diseño debe prever también una mayor descentralización, que, si significa un recurso algo menos eficiente, es ampliamente compensado por el ahorro en los costos de expansión del sistema interconectado.

Para la ejecución de las obras de infraestructura de líneas de transporte eléctrico de Alta Tensión se sugiere que el nuevo régimen tenga las siguientes características generales:

- Debe permitir la participación de actores con financiamiento privado –sean o no Agentes del MEM–, con una modalidad de Iniciadores de ampliaciones, asignándoles prioridad en la licitación (*first refusal*).

- Definición de la Secretaría de Energía de las obras a llevar a cabo.

- Se deberá prever además la licitación por separado de la Construcción y de la Operación y Mantenimiento, a los efectos de obtener el mayor beneficio en cada segmento.

- El período de recupero de la inversión es conveniente definirlo en cada caso, no pudiendo superar un plazo máximo de 15 ó 20 años con autorización expresa de la Secretaría de Energía.

Se deberá establecer la aplicación de beneficios impositivos tales como amortizaciones fiscales acelerada, exención de IVA para importaciones de Bienes de capital y reintegro anticipado de los créditos fiscales. El pago de la obra debería realizarse por los usuarios del mercado eléctrico. También se sugiere la Instalación de

Baterías a lo largo de la Red de Transporte eléctrico para mejorar factor de uso de capacidad de transporte en el que el arbitraje precios es decidido por el Organismo Encargado de Despacho. Los Márgenes obtenidos por el arbitraje de precios se asignan por Cammesa a la cuenta de transporte para reducir los costos.

Recomendación 6: Propender a la integración energética con los países limítrofes reimpulsando una política regional para aprovechar los beneficios de mercados integrados.

La mayor variabilidad de la generación renovable intermitente requiere de una mayor integración regional para beneficiarse de los distintos perfiles de generación horaria y una menor necesidad de respaldo. Se requiere coordinar los sistemas de transmisión a nivel país con el objetivo de minimizar la reducción forzada de generación (*curtailment*) a nivel regional, permitiendo mayores intercambios. No obstante, es importante comprender que no solo alcanza con coordinar los sistemas de transmisión (parte técnica), dado que ya existen interconexiones, pero con bajo factor de uso como consecuencia de cuestiones políticas o criterios de auto seguridad del país. Será necesario el desarrollo de una coordinación regulatoria a nivel regional con coordinación de despacho diario que contemple aspectos comerciales en especial resolución comercial de divergencias, aspectos técnicos y políticos de cada país para mantener la operatividad de corto plazo y su viabilidad comercial en el largo plazo. Inicialmente se recomienda avanzar en acuerdos bilaterales acordando aspectos básicos que permitan mínimamente a los agentes efectivizar intercambios interrumpibles sobre la base de energía de oportunidad. Posteriormente consolidado esa primera parte, avanzar con acuerdos más amplios.

Adicionalmente continuar impulsando los proyectos de generación Binacionales (centrales hidroeléctricas) con los países limítrofes.

Recomendación 7: Desarrollo de Vaca Muerta como oportunidad para contribuir a la descarbonización de las economías regionales y mundiales.

La transición energética en Argentina representará

oportunidades y desafíos para el desarrollo de Vaca Muerta, así como la generación de capacidades productivas y tecnológicas que permitirán el aprovechamiento de los recursos naturales de una manera sustentable.

La demanda creciente de energía a nivel mundial hace prever que la transición no será ni simple ni lineal. El objetivo prioritario es reducir el consumo de carbón, realidad que las diferentes taxonomías a nivel internacional reconocen al incorporar el gas natural como un combustible de transición.

Vaca Muerta es un recurso único para Argentina y cuenta con una ventana de oportunidad de desarrollo contribuyendo a la descarbonización de las economías regionales y mundiales. Los recursos y reservas de gas natural de Vaca Muerta, sumado la productividad y la recuperación final estimada de sus pozos nos garantizan el suministro.

De esta manera, si el país implementara las medidas necesarias que permitan dar condiciones de mercado para el desarrollo de los recursos se podría llegar a duplicar la producción y alcanzar altos niveles de exportaciones. A continuación, se exponen las oportunidades locales, regionales-mundiales y los principales desafíos hacia la descarbonización:

Oportunidades locales:

- **Autoabastecimiento, sustitución de líquidos y oportunidades en la industria:** Consumo de Industria y Transporte a 2030 entre 45 Mm³/d y 49 Mm³/d. En 2050 en un escenario de transición acelerada el gas mantiene un 30% de participación en el consumo industrial.

Oportunidades a nivel regional-mundial:

- **Acuerdos en la región y potencial a nivel mundial:** Producción de Gas a 2030 de 175 a 227 Mm³/d con exportaciones entre 25 y 50 Mm³/d, y producción de petróleo de entre 716 a 946 miles de BBL/d. Además, presenta un potencial importante para la generación de divisas y empleo.

Desafíos

- **Desarrollo de infraestructura, acuerdo entre países y competitividad de producción:** La taxonomía de Unión Europea consolida al gas natural como combustible de transición y abre oportunidades para la Argentina. Posicionar al recurso argentino bajo en emisiones en base a los compromisos de impulsar la transición.

Figura 52: Vaca Muerta cuenta con una ventana de oportunidad para su desarrollo contribuyendo a la descarbonización de las economías regionales y mundiales.



Recomendación 8: Potenciar los beneficios de la energía distribuida logrando la instrumentación completa de los beneficios de la ley de promoción de la energía distribuida, la adhesión de todas las provincias y una normalización de los precios de energía

La regulación debería generar las condiciones necesarias para poder incentivar la conversión de usuarios a usuarios-generadores logrando así beneficios no solo para ellos mismos sino también para las empresas distribuidoras y el mercado eléctrico en general dado que el ingreso de generación distribuida operando en horas de punta de demanda descarga la subtransmisión y la distribución, permitiendo mayor flexibilidad de las redes eléctricas en conjunto con la mayor penetración de energías renovables.

4.2 – Recomendaciones sobre eficiencia energética y descarbonización de usos finales a través de la electrificación

Recomendación 9: Establecer a la Eficiencia Energética como política de Estado, para lo cual se promueve la sanción de una Ley de Eficiencia Energética integral en el corto plazo con el fin de:

- Impulsar medidas y políticas ambiciosas referidas al aumento de eficiencia energética (ej. Plan Nacional de Eficiencia Energética Argentina) en todos los sectores, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente y asegurando el suministro de energía para un país en crecimiento.

- Implementar sistemas de gestión de la energía. Crear la figura del usuario con capacidad de gestión: la gestión energética debería ser llevada a cabo por el propio usuario, en el caso de que se tratase de grandes usuarios, o por el distribuidor, para el caso de pequeños usuarios como residencias, por ejemplo.

- Extender la política de etiquetado y estándares mínimos con objetivos de mejora en base a los realizar los inventarios de equipamiento existente y que luego fije las trayectorias de mejora, al establecer niveles máxi-

mos de consumo energético por artefacto y mínimos de eficiencia energética de todo equipo consumidor). Para lograr una mejora relevante resulta necesario realizar el recambio de los artefactos existentes, una vez se garantice la producción local a los niveles de eficiencia deseado. Esta política debe ser complementada con la recuperación de los materiales para su reutilización en los procesos industriales.

- Atendiendo la necesidad de mejorar la pérdida de energía en viviendas que oscila entre el 25% y 50% de la energía que reciben, desarrollar una regulación específica para construcciones, aplicada tanto a nuevas como existentes, que establezca estándares de cumplimiento mínimo y obligatorio en eficiencia energética, referidos particularmente a la construcción (aislamiento térmico y climatización mediante aberturas y cerramientos, iluminación natural, etc.) y promoción de políticas para establecer la obligatoriedad del etiquetado de viviendas con un proceso de certificación de eficiencia energética llevado a cabo a través de certificadores habilitados que deberá ser acompañado de incentivos para que las adecuaciones a las viviendas puedan incentivarse.

- Continuar con los programas de educación en eficiencia energética, dirigido a los niveles escolar y superior, y que involucre cursos, seminarios, capacitaciones, y autodiagnósticos, al igual que promover campañas de sensibilización para lograr los cambios conductuales tanto en el ahorro de energía como en el reciclado de materiales.

- Fomentar la investigación y desarrollo (I&D) en eficiencia energética, brindando incentivos fiscales a las empresas que inviertan en I&D en Eficiencia Energética (Internet de las Cosas y la investigación en Ciudades inteligentes).

Evidenciamos algunos aspectos a promover por sector.

a) Sector residencial, comercial y servicios públicos

- La información para la toma de decisiones de los usuarios es clave. Por eso se propone lanzar campañas de información que remarquen las ventajas de la elec-

trificación en materia de reducción de emisiones y que propongan medidas para lograrla, y promover la adhesión a este programa de cambio con incentivos económicos y financiamiento. Se busca de esta manera:

» Incrementar la participación de artefactos eléctricos en el hogar, llevando a cabo el traspaso a dicho tipo de tecnologías en los rubros calefacción, calentamiento del agua y cocina, a medida que se efficientiza el consumo energético de acuerdo con estándares internacionales.

» Reemplazar tecnologías existentes por eficientes de electrodomésticos en especial en el rubro “refrigeración” y “acondicionamiento”. Se propone que esta medida sea implementada en el corto plazo a través de un Plan Canje en el que el usuario se encargue del traslado del equipo a un centro autorizado de disposición final llevado a cabo a través de cooperativas para evitar un mercado de venta de segunda mano de estos equipos logrando la inclusión social y laboral. Esta medida deberá ser acompañada de la prohibición de la importación, comercialización y producción local de artefactos eléctricos sin estándar energético y por un plan de estímulo para la compra de artefactos eléctricos de uso domésticos de origen nacional con los estándares de eficiencia energética definidos.

» Si bien se ha avanzado en este concepto, completar el reemplazo de luminarias tradicionales por luminarias LED. A través de la ley 27.492, el Gobierno Nacional prohibió la comercialización e importación de lámparas halógenas en todos sus tipos y modelos en todo el país.

• Asegurar un uso racional de la energía reconociendo que la tarifa eléctrica es una señal de precio que recoge los costos reales del suministro, eliminando aquellos sobrecostos derivados de políticas que distorsionen la señal de precio. Para que la señal sea efectiva, implementar las bandas horarias para incentivar a los consumidores a programar su consumo energético de forma de trasladar actividades que se realizan en punta de consumo a otros horarios.

• Promover la articulación de deducciones fiscales automáticas en impuestos nacionales, provinciales y/o municipales que incentiven la eficiencia energética. Estas deducciones serán equivalentes al valor de las modificaciones, adecuaciones o remodelaciones en viviendas y edificios que permitan mejorar la eficiencia energética en cuanto a demanda de calefacción y refrigeración y deducción del consumo de energía. Dichas modificaciones, adecuaciones o remodelaciones deberán ser certificadas a través de un matriculado quien deberá validar la obra realizada y la optimización en eficiencia energética que resulta.

• Llevar a cabo campañas de comunicación enfocadas a la mejora de los niveles de información, conocimiento, sensibilización, y concientización, de la población respecto a las acciones de eficiencia energética en los hogares. Resulta recomendable actuar sobre las costumbres de la población promoviendo un uso más responsable y eficiente de la energía. Desarrollar también campañas de concientización sobre emisiones en edificios y equipamiento.

• En lo que respecta al sector comercial, se deberían establecer obligaciones, sujetas a revisión e inspección a través de auditorías energéticas, de realizar inversiones en eficiencia energética, al mismo tiempo en que se crean incentivos (beneficios fiscales, por ejemplo) y se facilita el acceso al financiamiento para que se desarrollen proyectos atractivos.

• Implementar los economizadores de agua en el sector residencial, de esta forma se logra un ahorro en la calefacción del agua y se cuida este recurso.

b) Sector público

• Definir un plan de adaptación de los edificios públicos que se vayan inaugurando a futuro (tales como colegios y hospitales), para que se encuentren aptos para la utilización de artefactos eléctricos.

• Establecer estándares de eficiencia energética en los edificios públicos existentes y un plan de mejoras para alcanzarlo.

- Reemplazar paulatinamente los artefactos no eléctricos por eléctricos en los establecimientos públicos existentes.

- Incorporar un plan de traspaso de luminarias tradicionales a tecnología LED a través de programas de licitación pública para efectuar dichos reemplazos.

- Impulsar lo dispuesto en la Ley 47.424 y promover la instalación de generación distribuida en edificios públicos, especialmente escuelas, con el fin de difundir a la población el uso de nuevas tecnologías sostenibles.

- Promover la implementación de micro-redes abastecidas por energías alternativas con acumuladores a batería para puntos que no se encuentren interconectados.

- Promover la instalación de sistemas de cogeneración y trigeneración en las dependencias que utilicen volúmenes de calor (Hospitales, lavanderías, hoteles, etc.)

c) Sector industrial

- Promover la eficiencia energética permite obtener grandes beneficios a lo largo de la cadena de valor de la industria, llevando a una mejora de la competitividad, una producción más rentable y una reducción de costes operativos y de mantenimiento.

- Promover la utilización de motores eléctricos más eficientes en el sector industrial argentino con foco sobre los motores eléctricos trifásicos de inducción;

- Establecer un programa para ampliar la cogeneración y la trigeneración, o sea, la recuperación de calor residual producto de la combustión (que hubiera sido liberado a la atmósfera) y su utilización como calor de procesos para generar electricidad, calefacción, y refrigeración sobre todo en la industria que requiere de grandes cantidades de vapor para sus procesos);

- Promoción del aprovechamiento energético de la biomasa, no reciclable, que queda como residuo de los procesos industriales;

- Promoción de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) en las organizaciones industriales argentinas;

- Establecer programas sectoriales con esquemas y objetivos de reducción de la intensidad energética, en base a la identificación de las mejoras tecnológicas disponibles y establecer requisitos para realizar auditorías de eficiencia energética en todos los agentes del sector;

- Para la Industria Petroquímica: Promover los sistemas de recuperación corriente de gases residuales de antorcha y su empleo para la generación de calor de proceso dentro de la misma industria; A su vez, esta industria muestra el mayor potencial para aprovechar a largo plazo la economía del hidrógeno, especialmente para la producción de amoníaco y urea con hidrogeno verde, entre otros.

- Para la industria siderúrgica: Garantizar la provisión de chatarra ferrosa para la producción de acero, dada la falta de materia prima actual. En el caso de los altos hornos, monitorear la competitividad de las tecnologías de captura de carbono o la utilización de hidrogeno para enriquecer los gases de combustión, o su conversión en combustible sintéticos. En el caso de las tecnologías de arco eléctrico, los principales avances son la producción de hierro esponja a partir de la reducción 100% electrolítica con uso de hidrógeno verde en sustitución de hidrógeno proveniente de reformado de gas natural;

- Para la Industria Cementera: Las tecnologías potenciales para reducir emisiones se encuentran en etapa pre-comercial. No obstante, las principales oportunidades están en el uso de materiales más eficientes y la reducción de la relación entre el clinker y el cemento. Existen oportunidades para sustituir combustibles para la generación de valor, utilizando biomasa o hidrógeno, aunque con un alcance limitado. Nuevas tecnologías se encuentran en desarrollo para absorber químicamente la emisión de dióxido de carbono.

- Incentivar la participación de la industria en los programas de Respuesta de Demanda.

Recomendación 10: Fomentar la movilidad sostenible en el transporte ligero

- Acelerar el cronograma de introducción de normativas que limiten la contaminación ambiental y de consumo de combustible proveniente de automotores con motores de combustión interna. Argentina, en línea con los cambios internacionales que se producen en el sector, debe avanzar rápidamente a la convergencia de las normas internacionales más exigentes, estableciendo plazos claros y definidos para su cumplimiento.

- Introducir, en el marco de las normas antes mencionadas, un objetivo de emisión de dióxido de carbono a nivel flota por fabricante o importador, con límites crecientes a la emisión de GEI y/o mecanismos tipo súper-créditos. Incluir una meta mínima a 2030 y 2050 de participación en las ventas al mercado interno de vehículos híbridos o eléctricos a batería, estableciendo suficientes los incentivos para alcanzar las metas establecidas.

- Las metas e instrumentos deben ser planificadas con suficiente tiempo de antelación y discusión para que sea la futura base de la configuración de la industria automotriz a nivel Mercosur.

- El desincentivo a la adquisición del auto a combustión interna deberá lograrse a través de mayores impuestos tanto a su adquisición como en el uso del mismo, incluyendo los impuestos en el combustible.

- Complementar los objetivos de penetración de vehículo eléctrico con incentivos a su adquisición o reemplazo de vehículos a combustión con alta antigüedad, incluyendo exención a impuestos internos y montos mayores en la desgravación en el impuesto al IVA y ganancias.

- Establecer medidas que reduzcan el tráfico de vehículos convencionales, restringiendo su circulación, especialmente en los centros urbanos, promocionando el auto eléctrico otorgando beneficios en el estacionamiento en la vía pública, o fomentando los esquemas de movilidad alternativa al vehículo, como bicicleta y transporte público.

- Incentivar la electrificación total del transporte público urbano. La primera medida es completar la electrificación de los trenes urbanos que todavía circulan a diésel. En segundo lugar, promover la electrificación del parque de colectivos, flotas públicas de transporte y servicios, y ómnibus, estableciendo metas mínimas de adquisición de nuevos transportes urbanos eléctricos. En línea con el decreto 51 de 2018 de radicación de plantas de fabricación de ómnibus eléctrico, planificar a través del mínimo de penetración, incentivos a la radicación industrial, el desarrollo de una oferta local suficiente para atender el cambio del transporte público a la modalidad sustentable.

- Desarrollar la infraestructura de recarga en las zonas urbanas de forma coordinada entre las provincias y el sector privado para cubrir progresivamente de manera eficiente y completa la disponibilidad suficiente de puntos de recarga, por ejemplo, incluyendo requisitos de puntos de recarga en nueva construcción y edificaciones existentes. Esta planificación deberá considerar también la infraestructura mínima necesaria en las rutas nacionales y provinciales

Para acelerar el despliegue de la infraestructura de recarga se propone que por única vez, y con aplicación a la próxima Revisión Tarifaria Integral de cada Distribuidor y Cooperativa Eléctrica en las jurisdicciones locales de las Provincias, los Entes Reguladores incluyan como reconocimiento tarifario las inversiones a ejecutar para el desarrollo de las obras de infraestructura que contemplen la colocación y puesta en operación de un equipo de transformación y recarga por cada 10.000 usuarios del servicio de electricidad existentes en el área geográfica respectiva.

- Resulta necesario establecer un marco normativo específico a esta nueva realidad, estableciendo claramente los roles entre las distribuidoras de electricidad, agentes de recarga, y usuarios que incentive la inversión privada en la infraestructura de recarga. Algunos aspectos normativos/regulatorios a definir son:

- » El Ente Regulador, deberá establecer tarifas horarias específicas para la recarga (valle, pico, resto) para brindar señales de precio que pro-

muevan la eficiencia.

» Se deberá asegurar un despliegue de medidores inteligentes dado que son necesarios para recopilar la información y mediciones de energía hacia los vehículos eléctricos y desde los vehículos eléctricos al hogar o la red; permitiendo así la incorporación de tarifas horarias o específicas para este sector para incentivar al usuario la recarga eficiente a través de señales de precio, mencionadas en el punto anterior.

» Definiciones de las condiciones de compra/venta de energía en el MEM para el Servicio de Recarga. Se propone la creación de la figura del Prestador de Servicio de Recarga Eléctrica (PSRE) como autorizado del MEM en el marco de la ley 24.065 y 15.336 responsable de los equipos de transformación y recarga que operan desde el punto de entrega fijado por el Comercializador o Generador y hasta el punto de recepción de los vehículos eléctricos. Los transportistas o distribuidores percibirían su peaje por cada punto suministro. Las tarifas máximas del PSRE serán fijadas por los Entes Reguladores de cada Jurisdicción por periodos sucesivos de 5 años y sujeto a los alcances establecidos por los artículos 40 y 41 de la Ley 24.065.

» Definición de normas- estandarización de conectores, niveles de tensión en base al tipo de recarga, protocolos de comunicación y demás parámetros para permitir la interoperabilidad y maximizar los beneficios de la electromovilidad. o Modificación en los procedimientos de CAMMESA sobre la Regulación específica de interrupción y la inyección de carga a la red. La remuneración de interrupción deberá brindar una señal de precio atractiva.

4.3 – Recomendaciones sobre cambios estructurales a realizar en términos de infraestructura de redes y digitalización.

Recomendación 11: Acelerar la implementación de medidores inteligentes acompañado de un plan de comunicación por parte del gobierno sobre los beneficios de la tecnología

La red eléctrica es una infraestructura clave en toda sociedad, y lo será aún más en la transición energética. Una red moderna e inteligente que incorpore las tecnologías de información y la internet de las cosas permitirá obtener mayores beneficios por cada peso invertido. Los medidores inteligentes son el corazón de las redes inteligentes que permite la medición del flujo bidireccional de la energía y son condición habilitante de la energía distribuida, del manejo eficiente de la demanda y de los servicios que brinde la electromovilidad mediante cargadores bidireccionales a la red. Modernizar la red para hacerla más “inteligente” y más resiliente mediante el uso de tecnologías, equipos y controles de vanguardia que se comuniquen y trabajen en conjunto para suministrar electricidad de manera más confiable y eficiente redundando en mejores servicios a los usuarios, entre otros reducir en gran medida la frecuencia y duración de los cortes de energía, y restaurar el servicio más rápido cuando ocurren interrupciones.

El consumo de energía no es homogéneo a lo largo del tiempo. La red de distribución debe expandirse atendiendo la demanda máxima que se espera en el futuro. Este diseño tradicionalmente se ha realizado en base a la experiencia pasada de consumo. No obstante, a futuro se esperan cambios sustanciales en el perfil de consumo de los usuarios, que resulta fundamental poder anticipar para optimizar las inversiones. La implementación inmediata de un plan de introducción de medidores inteligentes tiene como objetivo proveer esa información.

Los medidores inteligentes además permiten obtener beneficios inmediatos. Entre ellos se destacan minimizar las pérdidas de la red y la reducción del costo operativo de los servicios públicos (costo de lectura del medidor). Los consumidores podrán administrar mejor sus propios costos y consumo de energía porque tienen un acceso más fácil a sus propios datos con un acceso a la información de consumo en tiempo real y

nuevas herramientas para auto gestión del consumo, permitiendo la mejora en los hábitos de consumo. Las empresas de servicios también se benefician de una red modernizada, que incluye seguridad mejorada, cargas máximas reducidas, mayor integración de las energías renovables y menores costos operacionales. La implementación de los medidores inteligentes permitirá la implementación de tarifas horarias/diferenciadas, adicionalmente permitirá a las distribuidoras, mejorar la calidad del servicio, disminuir tiempos de atención de reclamos (servicio y comerciales), agilizar la atención de solicitudes (corte y reconexión), realizar medición remota, detectar oportunamente fraudes; y realizar servicios de gestión de la demanda. Una implementación masiva permitirá la incorporación de los beneficios relevantes de la tecnología y el desarrollo de nuevos perfiles y competencias en los proveedores de servicio, para la instalación, configuración y mantenimiento de los equipos y finalmente crearía la necesidad para realizar la producción de equipos en el País. Adicionalmente, se mejorará la calidad de servicio ya que las empresas distribuidoras podrán acceder a diferentes estrategias para limitar la potencia consumida por cada cliente conectado a un CT que en ese momento se encuentre saturado. De esa forma se evitará la salida de servicio de un CT por sobrecarga.

Propuesta regulatoria:

- Se propone el reemplazo masivo de los medidores tradicionales existentes por medidores inteligentes en un periodo de 8-10 años financiado a través de un cargo específico a la demanda.
- Para los nuevos edificios se propone que se instalen únicamente medidores inteligentes en las unidades funcionales pagando el costo de conexión equivalente al "costo de conexión especial" que podrá ser financiado en cuotas por el distribuidor.

Recomendación 12: Digitalizar la matriz de potencia eléctrica reconociendo el rol que cumple en la transición energética

La transformación digital, junto con la electrificación, favorece la transición de todo el sector de la energía, de la gestión de las centrales de generación

eléctrica a los nuevos servicios para los consumidores, pasando por las redes inteligentes.

Uno de los aspectos más importantes, junto a la descarbonización de la matriz de generación eléctrica, es la digitalización, que debería transformar los procesos de producción, distribución y consumo de energía.

La digitalización de la matriz eléctrica debe ser impulsada con prioridad, manteniendo al día el uso de las nuevas tecnologías.

La digitalización apunta principalmente a mejorar la calidad de servicio del sistema de abastecimiento en su totalidad, reduciendo tiempos de desabastecimiento y costos operativos y permitiendo satisfacer los crecimientos de demanda de manera ordenada y previsible y la mejor utilización de los nuevos recursos de suministro.

La transición energética es un fenómeno que va más allá de la simple generación de electricidad limpia y a través de la digitalización, interesa a todos, tanto productores como consumidores.

La digitalización de la energía debería impulsarse en:

- **Centrales de generación** no solamente en renovables, sino también en convencionales, impulsando en aquellas que todavía no lo tienen y hasta donde la tecnología lo permita, la operación automatizada.

Difundir el uso de softwares innovadores que permitan observar eventuales datos anómalos y por lo tanto detectar un riesgo potencial. Maximizar el mantenimiento predictivo e identificar en tiempo real acciones que permite mejorar la eficiencia de las centrales. Los programas para impulsar deberían basarse en algoritmos de aprendizaje automático e inteligencia artificial.

- **Redes de Transmisión:** En las redes de EAT y AT las primeras soluciones utilizadas hoy día son los equipamientos de telecontrol, que permiten la operación a distancia de los mismos en condiciones normales o ante una falla, y la automatización de algunas acciones basadas en sistemas inteligentes (Sistemas de DAG, DAD, RAG o RAD, muy difundidos en nuestra red de 500kV y 132kV) adicionalmente muchas estaciones transformadoras en esos niveles de tensión hoy son totalmente automatizadas y operadas a distancia.

Se deberá recomendar el avance en el uso de sistemas de inteligencia artificial para la operación y mantenimiento de estas redes, uso de realidad virtual y simulación 3D para la operación y control en tiempo real.

Será necesario revisar la remuneración del transporte para permitir este desarrollo.

- **Redes de distribución:** impulsar iniciativas que generan un alto impacto en el incremento de la resiliencia de la red frente a las consecuencias de eventos climáticos; el telemando en redes de MT y BT, mejoran de forma significativa a la calidad del servicio prestado a los clientes; el empleo de drones para la inspección de las redes, la aplicación de realidad aumentada en tareas presenciales, la elaboración de los gemelos digitales de la red (réplica digital 3D), que entre otras iniciativas contribuyen a la aceleración de los tiempos a la hora de realizar y planificar tareas de reparación, ampliación y renovación dentro de las mismas, aportando al mismo tiempo de manera relevante a la seguridad de los trabajadores en la ejecución de las dichas actividades.

Será necesario ajustes en los procesos de RTI, para permitir que estos desarrollos sean sustentables económicamente.

- **Consumidor:** La digitalización a nivel usuario favorecerá el proceso de transición energética. Los beneficios que la digitalización brindará a los clientes serán las interfaces digitales gracias a las cuales los nuevos medidores inteligentes facilitarán información casi en tiempo real sobre consumo y producción y habilitarán los nuevos servicios mencionados como la respuesta a la demanda además de proveer soluciones inteligentes a distancia para gestionar sistemas de seguridad, uso de electrodomésticos, regulación de temperatura, etc.

Los clientes pasarán de ser usuarios pasivos e inconscientes a protagonistas activos y exigentes del sistema eléctrico, aumentando su propia conciencia energética.

Para los prosumidores, o sea los clientes que son al mismo tiempo productores y consumidores de energía, gracias a la digitalización ellos también contribuyen a su vez a crear una matriz eléctrica con menos emisiones.

A través de la incorporación de tecnología y soluciones digitales innovadoras se logrará un sistema de

abastecimiento resiliente, participativo y sustentable.

- a) Resiliente para que la red sea capaz de soportar los efectos que ya vivimos del cambio climático garantizando un servicio esencial que cada vez será más relevante con la electrificación;

- b) Participativo dado que el cliente jugará un rol activo y central. En este nuevo esquema de interacción, los usuarios pasan a convertirse en una componente activa en la que no solo demandan energía proveniente de las redes, sino que también evolucionan para convertirse en protagonistas que aportan al equilibrio consumo-producción, incorporándose como un agente que es capaz de suministrar energía al sistema cada vez que tiene la posibilidad de realizarlo. Mas allá de lo anterior, los usuarios ya no solo demandarán energía eléctrica, sino que al mismo tiempo transitarán hacia requerir nuevos servicios, orientados especialmente hacia la gestión de sus consumos y más importante aún, a la adquisición de datos para la toma de decisiones. Es en este escenario que los DSOs se vuelven actores fundamentales para afrontar los nuevos requerimientos de los usuarios.

- c) Sustentable aumentando los esfuerzos para garantizar 100% de acceso a la energía en condiciones de calidad y seguridad, y a su vez generando condiciones de generación de empleo, desarrollo socio económico y mejorando su calidad y aplicando un enfoque industrial circular.

Las actualizaciones de la matriz también permitirán un uso mayor y más eficiente de los recursos, reducirán la pérdida de electricidad debido a la transmisión a largas distancias y aumentarán el uso localizado de nuevos tipos de generación y almacenamiento de electricidad. En general, la creación de una matriz eléctrica más inteligente dará como resultado un mejor sistema eléctrico.

Recomendación 13: Diseñar una estructura tarifaria que represente precios adecuados para impulsar una respuesta activa por parte de la demanda.

- La estructura tarifaria, además de ser justa y equitativa, debe diseñarse de modo que envíe señales

de precios al usuario que lo incentive a ahorrar la energía, una tarifa extremadamente baja envía una señal que promueve el “derroche” de la misma. El costo de la energía debe enviar una señal económica adecuada que logre impulsar la gestión del consumo por parte del usuario, logrando éste, un mayor beneficio económico para su factura y en conjunto con el resto de los usuarios un mejor uso de los recursos energéticos eficientes.

La gestión del consumo energético por parte del usuario, comúnmente conocido como “respuesta a la demanda” es uno de los principales pilares necesarios para lograr el objetivo de la eficiencia.

Para lograr esta respuesta del usuario, deben promoverse tarifas variables y tarifas de tiempo de uso para dar la señal de precio correcta a los consumidores, incorporando de algún modo el costo real de la energía del mercado mayorista al minorista. Esto se puede complementar a partir de la implementación de tarifas dinámicas de bandas horarias de forma de desincentivar el consumo en horas de máxima carga en el sistema, lo cual aumenta innecesariamente las inversiones a realizar en todo el sistema eléctrico.

- Para lograr que el usuario pueda gestionar su consumo, debe impulsarse el establecimiento de la “red inteligente”, pero para ello, deben promulgarse medidas específicas que garanticen la disponibilidad de redes de telecomunicaciones de alto rendimiento a un precio adecuado. Un requisito previo es tener una amplia disponibilidad en el territorio, a costos adecuados, de redes de telecomunicaciones con características de baja latencia y omnipresencia. Deben promoverse los servicios de conexión ad hoc a precios ‘atractivos’ por parte de las empresas de telecomunicaciones.

- Deberían considerarse procedimientos basados en incentivos y simplificados para la adopción de tecnologías inteligentes por parte de los consumidores a fin de involucrarlos activamente en el sector de la energía. A través de tales tecnologías, los consumidores deberían poder leer fácilmente datos e información sobre el consumo y, en consecuencia, tomar sus decisiones de consumo.

- La adopción tecnológica debe incentivarse al

menos en las primeras etapas de despliegue de las redes inteligentes. El procedimiento para vincular dispositivos inteligentes y dispositivos con medidores también inteligentes debe ser simple y no discriminatorio para los consumidores. El acceso a la compra más rápido de electrodomésticos inteligentes por parte de los consumidores debería ser impulsado por medidas destinadas a superar barreras no económicas. Las iniciativas de financiación (por ejemplo, distribución de riesgos y líneas de crédito dedicadas), respaldadas efectivamente por campañas de información, podrían permitir a los operadores promover tecnologías inteligentes y que los consumidores las utilicen para responder a la demanda y gestionar la misma más eficientemente.

Recomendación 14: Buscar las sinergias entre las empresas de servicios, con el objetivo de reducir los costos de los usuarios finales.

Una regulación que aproveche el rol de distribuidores y promueva una interacción bien diseñada entre éstos y las nuevas partes interesadas es fundamental para optimizar la asignación de recursos en las comunidades locales. Los municipios, otras empresas de servicios públicos y distribuidores pueden cooperar para optimizar el desarrollo de la infraestructura mientras se aprovechan las posibles sinergias y se evitan las duplicaciones. Esto incluye, por ejemplo, sinergias entre los sectores energéticos, como la medición múltiple, el transporte o las sinergias entre la electricidad y las infraestructuras de Telco (por ejemplo, alojamiento / alquiler). Con el objetivo de reducir los costos generales para los clientes finales, las intervenciones de por ejemplo los Distribuidores deben permitirse e incentivarse económicamente. Además, como actores regulados encargados del mantenimiento de la infraestructura energética, las distribuidoras podrían desempeñar un papel estratégico para acelerar el despegue de una infraestructura de recarga interoperable para la movilidad eléctrica en espacios públicos, en particular desarrollando un nivel óptimo de puntos de recarga, accesibles a terceros sobre una base no discriminatoria.

4.4 – Recomendaciones sobre instrumentos económicos y políticas de carbon pricing

Recomendación 15: Introducir una regulación específica para desarrollar una señal de precio efectiva del costo de las emisiones.

- A Nivel internacional y de acuerdo al Banco Mundial, existen 68 iniciativas de precio de carbón que cubren el 23% de las emisiones de GEI. Ante el menor avance al esperado, ciertos países o regiones, como Europa, tienen previsto incorporar un impuesto de igualación en frontera, en el cual las importaciones deberán pagar en función de su nivel de emisión y los impuestos equivalentes que existan en su país.

- La recomendación internacional es avanzar en la incorporación de señales de precio para incentivar la transición energética, si bien se reconoce que cada país debe adoptar su propia política, sin que exista un criterio de homogenización.

- La introducción de señales de precio efectivas en el país debe hacerse con atención a los avances internacionales y en los sectores que tengan mayor probabilidad de estar sujetos a un impuesto de igualación en frontera para los productos exportados.

- Los dos instrumentos más utilizados son un impuesto aplicado sobre la emisión de CO₂ (impuesto al carbono) o estableciendo un mercado de negociación de certificados de emisiones. Argentina introdujo recientemente el impuesto al dióxido de carbono, si bien su impacto en la reducción de emisiones es acotado y no tiene previsto destinar su recaudación a iniciativas verdes sino que el destino de este impuesto es a renta general, lo que debería reconsiderarse. Por otro lado, el impuesto se traslada a todos los consumidores en precio causando en una pérdida del poder adquisitivo con mayor impacto a aquellos más vulnerables. Adicionalmente, el impuesto no alcanza el gas natural. Sugerimos que se revise la ley del impuesto del dióxido de carbono y promueva el reconocimiento de acciones climáticas con su producido.

- El Acuerdo de París reconoce en su artículo 6° la posibilidad de utilizar esquemas asociativos entre países como alternativa al impuesto o el establecimiento de un mercado de negociación de certificados. Argentina hizo uso de esta opción durante la vigencia del protocolo de Kyoto a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Esta alternativa es eficiente para mitigar cualquier impacto negativo sobre las exportaciones. De ahí que se sugiere promover el mercado de certificados de carbono, comenzando con aquellas industrias o sectores que más se pueden ver afectados por los impuestos de igualación de frontera establecidos por Europa y otros países en los que se implemente. El objetivo es internalizar en el país los recursos que de otra manera serían capturados por los consumidores de los países importadores.

- Realizar un estudio que pueda cuantificar el costo social del carbono en la Argentina. Esto es, los impactos derivados de la emisión de GEI en términos de actividad, salud y daño al medio ambiente, como criterio general para ser incluido en los análisis de costo beneficio de las inversiones públicas y valor objetivo de las señales de precio necesario para incentivar la transición energética.

4.5 – Recomendaciones sobre sectores no energéticos

Recomendación 16: Promover la reducción de emisiones del sector agricultura.

- Crear un programa de incentivos económicos para el desarrollo, promoción e implementación de maquinarias agrícolas eléctricas, de forma tal que se reemplace la utilización de GLP, Diésel y Fuel Oil como combustibles:

- » Programas de financiamiento a través de líneas de crédito que el gobierno otorgue específicamente para estos fines.
- » Otorgamiento de garantías que permitan a las compañías del rubro obtener financiamiento a un costo más bajo.

- Promover buenas prácticas como Promoción de rotaciones equilibradas con una participación importante de gramíneas de invierno (trigo, cebada) y/o

de verano (maíz y sorgo) en lugar de la predominancia de leguminosas y/o oleaginosas (soja y girasol). Este cambio permite una mayor generación de residuos de cosecha y un menor consumo de fertilizantes. Aun así, existe un conjunto de buenas prácticas e innovaciones tecnológicas que contribuye a la reducción de emisiones. Entre ellas se destacan uso del polímero inhibidor de la acción de la urea NBPT, el cual disminuye 10 veces la volatilización de la urea aplicada superficialmente; el uso de fijadores biológicos, libres y simbióticos, de nitrógeno atmosférico en los cultivos de trigo y maíz y en praderas consociadas (la siembra de pasturas mixtas). La adopción de estas tecnologías genera un impacto sobre las emisiones de GEI a través del reemplazo relativo de fertilizantes sintéticos, incrementando la productividad.

- Prevenir la quema de caña de azúcar mediante el uso de la cosecha integral de caña en verde y aprovechar el potencial de cogeneración de energía utilizando los residuos de cosecha (RAC) y molienda (bagazo) de la caña.

- Promover la incorporación de generación renovable distribuida que permita la expansión del riego, y de esta forma mejorar los rendimientos de los cultivos, permitirá incrementar la producción como la frontera agrícola sin incrementar las emisiones. Conjuntamente con el aprovechamiento energético de las importantes cantidades de biomasa producidas por dichas actividades.

Recomendación 17: Promover la reducción de emisiones de los sectores ganadería, silvicultura, y en lo que respecta a otros usos de los suelos.

- Incentivar buenas prácticas en el desarrollo y manejo del ganado. Existen oportunidades para aumentar la eficiencia del sistema de producción cambiando la tasa de destete y el peso medio de faena. Esos objetivos pueden ser complementados con la utilización de suplementos dietarios, mejora de la alimentación y campañas de vacunación contra bacterias metanogénicas a fin de reducir las emisiones de gas metano.

- Reducir las emisiones causadas por el uso indebido e irresponsable de la tierra.

- » Impulsar medidas que prevengan la deforestación, tales como:

- ✓ Ofrecer incentivos a los propietarios de tierras forestales para facilitar la conservación de los bosques y la adopción de actividades de bajo impacto.

- ✓ Promover el aumento de la superficie de las plantaciones forestales.

- ✓ Fomentar el uso responsable de la pulpa de madera.

- » Incentivar la aforestación de pastizales, incorporando de esta manera sumideros de carbono forestal que sirvan para la captación de dióxido de carbono. Existe el objetivo de alcanzar 2 millones de hectáreas para 2030 partiendo de los actuales 1,4 millones de hectáreas. Esto requerirá plantar distintas especies como coníferas, eucaliptos y salicáceas, obteniendo una reducción de las emisiones netas por la diferencia entre el crecimiento forestal y la extracción de productos forestales. Este plan puede desarrollarse incluyendo las tierras hoy degradadas.

- Definir un plan para incentivar y desarrollar el manejo eficiente y consciente de pastizales, cultivos y ganado, e impulsar la restauración de la tierra.

- » Aumentar la productividad de pastizales, implementando sistemas de riego eficientes y aumentando intensidad de pastoreo.

- » Promoción de mejores prácticas agronómicas, rotando cultivos, aplicando sistemas de cultivo menos intensivos y mejorando el manejo de nutrientes.

- » Desarrollo de planes de revegetación y la conserva de agua con el fin de lograr la restauración de tierras.

- Definir un plan de expansión de la frontera agrícola mediante la incorporación de tierras con riego sustentable. Actualmente existen alrededor de 6 millones de hectáreas productivas sin uso, mayoritariamente por falta de recurso hídrico. Establecer un plan de incentivos para riego sustentable a partir de equipos alimentados por energía solar.

- Crear un programa de incentivos económicos y fiscales para el desarrollo, promoción e implementación de biodigestores que permitan aprovechar tanto las emisiones como el potencial energético de los residuos orgánicos de las producciones avícolas, porcinas y ganaderas que se realicen en forma controlada en recintos cerrados. Contribuyendo, adicionalmente, a mejorar el control de alimentación y la calidad fitosanitaria de dichas faenas y las posibilidades de exportación de las mismas.

Recomendación 18: Promover la reducción de emisiones del sector residuos y promover la economía circular en todos los sectores como acelerador transversal.

- Acelerar la transición mediante la inclusión de esta temática en la Agenda Política construida colectivamente y la adopción de modelos de economía circular en todos los sectores y hacia modelos de urbanización circular, en todos los sectores involucrados en el desarrollo sostenible de las ciudades, promoviendo la competitividad económica, la innovación tecnológica, la sostenibilidad ambiental y la inclusión social.

- Implementación de mecanismos compensatorios a través de beneficios fiscales que promuevan el cambio hacia un modelo de economía circular y la adopción de mecanismos punitivos a través de multas que penalicen incumplimientos de metas / objetivos establecidos.

- Implementación de leyes de REP (responsabilidad extendida del productor), más allá de los envases fitosanitarios y las pilas. Contar con una normativa de REP permitiría que todos los actores involucrados comiencen a trabajar de manera conjunta para que el sistema de gestión de envases funcione. Esto se debe a que las legislaciones de este tipo pueden abarcan a toda la cadena de manera diferenciada: productores, autoridades, recuperadores, recicladores y consumidores.

- Mejorar la calidad y eficiencia de la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos a partir de las siguientes medidas:

- » **Residuos Sólidos Urbanos (RSU):** Construcción de rellenos sanitarios con captura de gas de rellenos sanitarios (GRS), generación de energía

eléctrica a partir de la captura de biogás de relleno sanitario (GRS), generación de energía térmica a partir de la captura de biogás de relleno sanitario (GRS), promover entre los generadores la separación de los RSU (la separación puede ser sólo entre residuos reciclables y no reciclables y/o involucrar la separación de los residuos reciclables por categorías preseleccionadas (vidrio, envases, diarios, cartón y plásticos, entre otros).

- » **Aguas Residuales Domésticas/Comerciales (ARD):** Construcción y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de efluentes domésticos con captura de biogás.

- » **Aguas Residuales Industriales (ARI):** Construcción y puesta en funcionamiento de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales con captura de biogás.

- Incorporar los conceptos de economía circular en el proceso de abastecimiento.

El crecimiento de las tecnologías de energías renovables presenta grandes desafíos en términos de abastecimiento de los materiales, producción y gestión de fin de vida. Si no son abarcados desde la perspectiva de economía circular, podrían crearse nuevos problemas ambientales en el futuro.

Por ejemplo, el crecimiento de residuos de paneles fotovoltaicos -cuya vida útil media es de unos 30 años- implica un nuevo desafío ambiental a nivel global, pero a la vez presenta oportunidades para crear valor y promover nuevas actividades económicas relacionadas a la recuperación de materiales de los paneles y el desarrollo de nuevas industrias de reciclaje. Los principales componentes de los paneles de silicio, incluyendo vidrio, aluminio y cobre, pueden ser recuperados a porcentajes mayores a 85%. La gestión de la cadena de suministro de paneles solares desde una perspectiva circular requiere un enfoque de dos partes. En primer lugar, es necesario asegurarse de que los paneles actualmente instalados se recuperen al final de su ciclo de vida de una manera que maximice el valor recuperado, y en segundo lugar, es necesario aplicar el concepto circular desde el inicio

de la fase de diseño para el nuevo.

En el caso de la energía eólica la mayoría de los componentes de un aerogenerador -que tiene una vida útil media de unos 20 años- también son reciclables, ya que está compuesto por piezas metálicas; sin embargo, las palas representan los componentes más difíciles de recuperar por los materiales compuestos con que están hechas, principalmente, resinas reforzadas con fibra de vidrio y, en los parques eólicos más recientes, con fibra de carbono. En este sentido, en los países con un estado de implementación de la tecnología más maduro, se están estudiando alternativas de reutilización y reciclaje de las palas. Se han realizado pruebas demostrando que, al sinterizar y extruir los materiales de las palas de la turbina, se pueden producir ladrillos para su uso en el sector de la construcción, también se están evaluando posibles soluciones de economía circular para incorporar pellets de fibra de vidrio provenientes de palas en desuso en la producción de otros productos reciclados para el sector de la construcción.

Este reto también se dará con la penetración del auto eléctrico y el reciclaje de su batería.

Para hacer frente al desafío del reciclaje se requiere un enfoque multidisciplinario y multisectorial que integre la innovación tecnológica y la creación de modelos de negocio con el desarrollo de un marco regulatorio y la definición de nuevos estándares.

Asimismo, entre los materiales de los componentes para las energías renovables y almacenamiento hay muchas sustancias incluidas en la lista de materias primas críticas de la Unión Europea. Es necesaria una visión amplia y estratégica, compatible con la conservación de los recursos, vinculada a la economía circular y a la responsabilidad social de los países que permita dar respuesta a la demanda creciente que estos minerales experimentarán en los próximos años. Todo esto plantea un escenario donde el reciclaje y la correcta gestión de residuos pueden permitir un ahorro económico y ambiental, reduciendo el consumo de materias primas escasas.

Recomendación 19: Avanzar en la promoción del desarrollo de hidrogeno verde para acelerar la transición

energética.

El hidrogeno verde representa una oportunidad para acelerar la transición energética y posicionar al país como líder regional. Nuestro país cuenta con un abanico de oportunidades. El noroeste argentino posee los más altos niveles de radiación solar del mundo, prácticamente duplica la media mundial. Por otro lado, la Patagonia, por los fuertes vientos, dispone de un enorme potencial a partir de la energía eólica.

De cara a 2050, en el escenario I de nuestro estudio, se proyecta que el hidrogeno verde tendrá una participación del 6% del consumo energético total del país, equivalentes a 3,16 millones de TEP, empleados en los sectores de transporte (transporte de carga) e industria.

De esta manera, para poder fomentar el crecimiento y el desarrollo productivo del país y un aprovechamiento de las capacidades y recursos nacionales se deben implementar las siguientes medidas:

- Llevar a cabo una planificación energética para la formulación de políticas públicas acertadas. Se deben emprender estudios, análisis y consultas para poder recabar evidencia empírica sólida y con ella formular las correspondientes políticas públicas. Estas comprenden las proyecciones nacionales, las diversas tecnologías disponibles y necesarias para la producción, el almacenamiento, la conversión y el transporte del hidrógeno. También el análisis de los costos, tanto de producción como de logística, y los posibles precios que se van a suscitar fruto de la demanda esperada; Fomentar la producción local a través de un marco regulatorio que contribuya a apoyar a las industrias y sectores intensivos en hidrógeno, los cuales serán los actores catalizadores en esta transición.

- Se debe construir estrategias con objetivos de descarbonización específicos por sector para migrar a un hidrógeno verde con un marco regulatorio robusto, con reglas claras y de largo plazo, junto a un financiamiento competitivo.

- Se deben realizar esfuerzos para posicionar a Argentina como país de relevancia para el desarrollo

del Hidrogeno Verde promoviendo generar demanda local y global para exportar atendiendo la demanda de los países del mundo que tienen objetivos de hidrógeno verde y derivados. Los principales usos del hidrógeno verde son: Refinado, Amoniaco para fertilizantes metanol, hierro (Hierro de Reducción Directa), entre otros. Los e-fuels deben promoverse por su relevancia en la descarbonización del sector transporte (mediante la captura del CO2 de la atmosfera + hidrógeno verde produciendo metanol) y porque alcanzarán en poco tiempo niveles competitivos.

- Hasta que el precio del hidrógeno verde (que depende en gran medida del costo de la energía renovable y el costo de los electrolizadores) no sea competitivo, se requerirán incentivos (temporales) por parte de los gobiernos para promover la demanda y así dar señales que permitan aumentar la capacidad de fabricación y cadena de suministro.

- Requisitos progresivos serán necesarios para que la industria se mueva en esa dirección y - para que sea económicamente viable el hidrógeno verde requiere escala- de esa manera todos los sectores a través de señales e incentivos hará que avance la industria del hidrógeno verde. Un mecanismo que puede ser aplicado es el crédito fiscal a la producción por producción de hidrógeno verde en base al nivel "verde" de producción. Asimismo, la economía de escala mejorará aún más si se dan e incentivos en cuanto a estándares de combustibles bajos en carbono.

Parte de una política de promoción para el desarrollo, producción y uso de una industria del H2V implica estructurar sistemas de incentivos tributarios, arancelarios, financieros y de fomento de la demanda; así como la adopción de una ley de promoción del H2V.

Recomendación 20: Satisfacer la creciente demanda de energía, abordando el cambio climático y los impactos sociales y de género

En el Acuerdo de Paris se reconoce la necesidad de que la transición sea rápida y equitativa para los trabajadores y para la comunidad. La transición aumentará la prosperidad y puede ser un motor clave en la creación de empleo.

En este sentido, se deberán tener en cuenta las siguientes consideraciones para lograr que los beneficios lleguen a los más necesitados y se materialicen en la generación de empleo:

- Apoyar la intromisión de tecnologías eléctricas;
- Gestionar el empleo y las oportunidades utilizando técnicas de upskilling (enseñar a un trabajador nuevas competencias para optimizar su desempeño generando mayor especialización) y reskilling o reciclaje profesional (formar a un empleado para adaptarlo a un nuevo puesto generando mayor versatilidad);
- Abordar la pobreza energética;
- Promover una redistribución justa de los costos de transición.

Contactos

Contactos



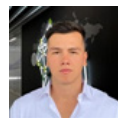
Cristian Serricchio

Socio de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Spanish Latin America
cserricchio@deloitte.com



Damián Grignaffini

Gerente de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Spanish Latin America
dgrignaffini@deloitte.com



Tomás Cardozo Etcheverry

Senior de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Spanish Latin America
tcardozoetcheverry@deloitte.com



Sebastián Yopez

Senior de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Spanish Latin America
syopez@deloitte.com



Clara Mackey

Senior de Finanzas Sostenibles, FA
Deloitte Spanish Latin America
cmackey@deloitte.com

Deloitte.

Deloitte se refiere a una o más de las firmas miembros de Deloitte Touche Tohmatsu Limited, una compañía privada del Reino Unido limitada por garantía, y su red de firmas miembros, cada una como una entidad única e independiente y legalmente separada. Una descripción detallada de la estructura legal de Deloitte Touche Tohmatsu Limited y sus firmas miembros puede verse en el sitio web www.deloitte.com/about