

**Descarbonización en el sector residencial argentino:  
electrificación del consumo domiciliario de gas en base a generación renovable distribuida**

Verónica Gutman  
Ángel Gutman

**Abstract**

El trabajo analiza el potencial y las implicancias de electrificar el consumo de gas natural residencial en la Argentina en base a la implementación de soluciones de generación renovable distribuida. La electrificación total del consumo residencial actual de gas prácticamente duplicaría el consumo eléctrico anual actual. Suponiendo que puede implementarse algún tipo de sistema domiciliario de generación solar fotovoltaico, eólico y/o termoeléctrico en la totalidad de las viviendas del país, podría reemplazarse alrededor del 90% del consumo de gas natural residencial del año 2016 a un costo medio de USD 9.400/tCO<sub>2e</sub>. Los desafíos de lograr la descarbonización del sector residencial argentino con vistas a cumplir con los compromisos de mitigación asumidos en la Contribución Nacional Determinada (NDC) presentada en 2016 en el marco del Acuerdo de París son considerables, no sólo a nivel técnico, logístico y económico sino también, y fundamentalmente, político.

Octubre 2018

## Contenidos

1. Introducción.....	3
2. Perfil de emisiones de la Argentina y contribución del sector Residencial .....	4
3. Electrificación del consumo de gas residencial: metodología, supuestos, cálculos y resultados... 6	
5. Gas natural residencial: consumo histórico 1980-2016 y proyecciones al 2050 .....	9
5. Comentarios finales .....	10
Referencias .....	12

## 1.Introducción

La Contribución Nacional Determinada (NDC) que Argentina presentó a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en diciembre de 2016 en el marco del Acuerdo de París compromete al país a no exceder una emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub>eq) hacia el año 2030. Esto implica lograr, incondicionalmente, reducciones de 109 MtCO<sub>2</sub>eq respecto del escenario tendencial proyectado (República Argentina, 2016).

La descarbonización del sector energético es clave para poder cumplir con las reducciones de emisiones comprometidas, pues el sector de la Energía representa el 53% de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (GEI).

De acuerdo a los Planes de Acción sectoriales<sup>1</sup> que la Argentina presentó en diciembre de 2017 durante la Cumbre climática (COP 23) realizada en Bonn, el 70% de esta meta recae sobre el sector energético (reducción de 77 MtCO<sub>2</sub> en 2030).

El sector Residencial juega un papel relevante en materia de consumo de energía y no siempre es mirado con la atención que se merece. En Argentina, este sector explica el 14,9% de las emisiones totales nacionales: 7,7% debido a la quema de combustibles fósiles -fundamentalmente consumo de gas natural con fines de cocción, calefacción y calentamiento de agua-, 4,3% debido al consumo de electricidad y el 3% restante debido a la generación de residuos sólidos (1,9%) y aguas residuales domésticas (1%). Esta participación es similar a aquélla de la Agricultura, el Transporte y la Industria, lo que significa que el potencial de mitigación del sector Residencial es comparable al de los sectores más significativos de nuestra economía en términos de emisiones.

En este contexto, este trabajo analiza el potencial y las implicancias de electrificar el consumo de gas residencial en la Argentina, entendiendo por “electrificación” a la sustitución de artefactos a gas en las viviendas particulares (fundamentalmente cocinas, estufas y calentadores de agua) por artefactos eléctricos.

Hay que destacar, no obstante, que la electrificación de los consumos finales de gas natural no necesariamente implican una reducción en términos absolutos del uso de combustibles fósiles y, por lo tanto, de las emisiones asociadas. Todo depende de cómo sea generada la electricidad adicional que se genere como reemplazo.

En Argentina, el 66% de la generación eléctrica es térmica, producida a partir de la quema de gas natural y, en menor medida, fuel oil, gas oil y carbón mineral en centrales de ciclo combinado, turbo gas, turbo vapor y diesel (MINEM, 2017). Esto significa que por más que se logre electrificar la totalidad del consumo de gas residencial en el país, si la electricidad que lo reemplaza es generada en base a combustibles fósiles el impacto en términos de reducción de emisiones será mínimo. La nueva energía eléctrica deberá, por lo tanto, ser producida en base a fuentes renovables para que efectivamente tenga lugar un impacto en términos de mitigación de emisiones de GEI. Esto implicará incrementar la potencia instalada actual del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) en base a fuentes renovables, considerar soluciones de generación renovable distribuida o bien combinar ambas alternativas. Este trabajo explora estas cuestiones.

Luego de describir brevemente el perfil de emisiones de la Argentina y la contribución del sector Residencial a las emisiones nacionales en la Sección 2, en la Sección 3 se presentan algunas

---

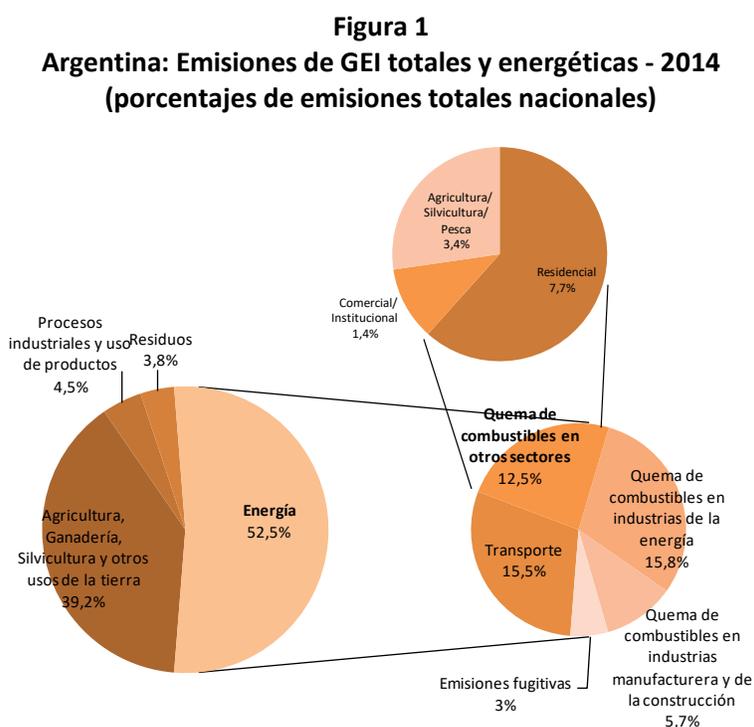
<sup>1</sup> Disponibles en <http://ambiente.gob.ar/planes-sectoriales/>

estimaciones realizadas sobre la posibilidad de electrificar el consumo de gas residencial a nivel país, detallando la metodología empleada, los cálculos realizados y los resultados obtenidos. Luego, la Sección 4 analiza las tendencias futuras en materia de aumento proyectado del consumo de gas residencial en base a las trayectorias históricas y finalmente la Sección 5 concluye con algunas reflexiones finales.

## 2. Perfil de emisiones de la Argentina y contribución del sector Residencial

Las emisiones energéticas explican el 52,5% de las emisiones totales de GEI argentinas de acuerdo al último inventario disponible (año 2014) (MAyDS, 2017).

Luego de la quema de combustibles en las industrias de la energía y en el transporte, actividades que representan el 15,8% y 15,5% del total de emisiones nacionales respectivamente, la quema de combustibles en otros sectores explica el 12,5%. Dentro de esta categoría, la quema de combustibles en el sector Residencial explica el 7,7% de las emisiones totales nacionales (Figura 1).

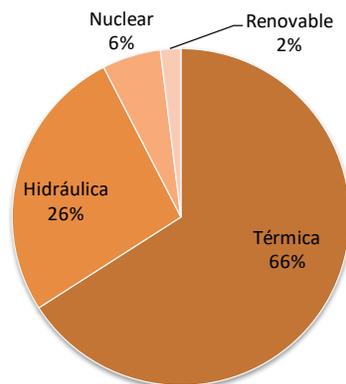


Fuente: Elaboración propia en base a <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/resultados>

En lo que respecta a las industrias de la energía, la generación de electricidad explica el 11,6% de las emisiones nacionales. Esto se debe a que, como ya se mencionó, el 66% de la generación eléctrica es térmica (

Figura 2).

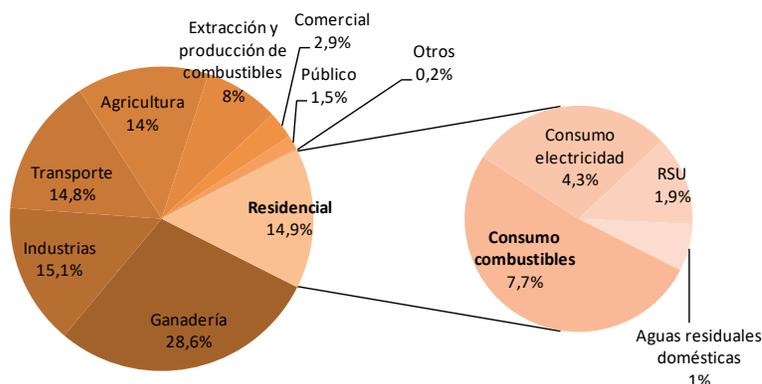
**Figura 2**  
**Argentina: Generación de energía eléctrica por tecnología - 2016**



Fuente: Elaboración propia en base a Informe Estadístico Anual del Sector Energético 2016 (MINEM, 2017)

Si miramos las emisiones de GEI nacionales desde la perspectiva del uso final, es decir, qué actividades y agentes consumen los productos y servicios generados por las fuentes emisoras, vemos que el sector Residencial explica el 14,9% de las emisiones totales argentinas. Estas emisiones se explican, como ya se mencionó, por el consumo de combustibles (7,7% del total de emisiones) más el consumo de electricidad (4,3%) y las emisiones provenientes de la generación de residuos sólidos (1,9%) y aguas residuales domésticas (1%) (Figura 3).

**Figura 3**  
**Argentina: Distribución de las emisiones de GEI por uso final - 2014**



Fuente: Elaboración propia en base a MAyDS (2017) y República Argentina (2017)

Es decir que el sector Residencial contribuye a las emisiones totales del país casi en la misma cuantía que la Agricultura (14%), el Transporte (14,8) y las Industrias (15,1%).

### 3. Electrificación del consumo de gas residencial: metodología, supuestos, cálculos y resultados

Se tomó como fuente de información primaria los datos del último Balance Energético Nacional (BEN 2016 - MINEM, 2016), en base a lo cual se aplicó la siguiente metodología:

- 1) Estimación de la cantidad de electricidad equivalente que sería necesaria para sustituir el consumo residencial actual de gas distribuido por redes y de gas licuado envasado;
- 2) Análisis y estimación de cómo podría proveerse esta electricidad adicional en base a soluciones de generación renovable distribuida, con foco en sistemas domiciliarios de energía solar fotovoltaica, energía eólica y energía termoeléctrica;
- 3) Estimación de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se lograría por el reemplazo de gas natural residencial por energía eléctrica de fuente renovable y estimación de costos;
- 4) Análisis de tendencias históricas de crecimiento del consumo de gas residencial en el país y proyección de crecimiento futuro al año 2050.

De acuerdo al BEN 2016, el consumo residencial de gas distribuido por redes en dicho año fue de 9.898.000 TEP, mientras que el consumo residencial de gas licuado de petróleo (gas en garrafa) fue de 1.366.000 TEP, totalizando 11.264.000 TEP.

Considerando que 1 GWh de energía eléctrica equivale a 86 TEP (1 MWh = 0,086 TEP y 1 GWh = 1.000 MWh), el consumo residencial de gas distribuido por redes de 2016 equivaldría a 115.093 GWh anuales, mientras que el consumo de gas licuado equivaldría a 15.884 GWh anuales.

Es decir que se precisaría de 130.977 GWh anuales para sustituir completamente el consumo anual *actual* de gas residencial, tanto distribuido por redes como envasado.

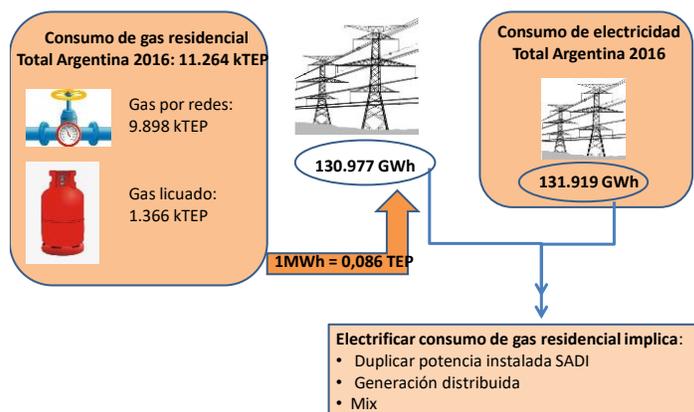
De acuerdo también al BEN 2016, el consumo eléctrico total del país en 2016 (residencial, comercial y público, transporte, agro e industria) fue de 131.919 GWh (11.345.000 TEP).

Es decir que la electrificación total del consumo residencial de gas *duplicaría* el consumo eléctrico anual actual.

Cubrir esta demanda adicional implicaría duplicar la potencia instalada actual del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) (36.150 MW, de acuerdo a CAMMESA, 2017), lo cual debiera lograrse 100% en base a fuentes renovables. Alternativamente, podría pensarse en soluciones de generación renovable distribuida, o bien combinar ambas alternativas.

El siguiente Gráfico resume el análisis realizado hasta aquí.

**Figura 4:**  
**Implicancias de electrificar el consumo actual de gas residencial en Argentina**



Fuente: Elaboración propia

A continuación se exploran potenciales soluciones de generación distribuida para cubrir la demanda eléctrica adicional requerida.

De acuerdo al Censo Nacional de población, hogares y viviendas 2010 (INDEC, 2010), había en dicho año 13.812.125 viviendas particulares en todo el país, 11.317.507 habitadas y 2.494.618 deshabitadas.

Se establecen los siguientes supuestos:

*1) Se instalan sistemas de autogeneración solar fotovoltaica en 7.812.125 viviendas (57% del total de viviendas) en la mitad norte del país (debido a los mayores niveles de irradiación)*

Estos generadores fotovoltaicos están compuestos por:

- 6 módulos fotovoltaicos de 320 w cada uno
- 16 baterías de 230 Ah-48Vcc cada una
- 1 inversor 48Vcc a 220 Vca de 4 kW-25 A
- 1 regulador de 40 A

Estos sistemas son autónomos de la red eléctrica pública y brindan hasta 3 días de autonomía en caso de malas condiciones climáticas.

Cada generador fotovoltaico tiene una generación promedio a 220Vca de 4354 Wh/día, es decir 1,589 MWh anuales<sup>2</sup>.

Esto permitiría autogenerar en forma distribuida 12.413 GWh anuales (1,589 MWh x 7.812.125 viviendas).

<sup>2</sup> De acuerdo a cálculos del fabricante Solartec y tomando como base la radiación promedio en el centro del país: [http://www.solartec.com.ar/documentos/generadores\\_viviendasmedianas.pdf](http://www.solartec.com.ar/documentos/generadores_viviendasmedianas.pdf)

*2) Se instalan sistemas de autogeneración eólica en 6.000.000 de viviendas (43% del total) en la mitad sur del país (debido a los vientos más fuertes)*

Se supone que en las viviendas se instala un generador eólico INVAP modelo IVS 4500 de potencia nominal 4,5 kW, con características mecánicas aptas para el clima patagónico, y un banco de baterías compuesto por 16 baterías de 60 Ah de capacidad.

Estos sistemas son también autónomos de la red eléctrica pública y brindan hasta 3 días de autonomía en caso de malas condiciones climáticas.

Cada generador produce anualmente 14,208 MWh, calculado a una velocidad media anual de 7,5 m/s e instalado a 10 metros de altura sobre el suelo<sup>3</sup>.

Con estos generadores eólicos se podría autogenerar en forma distribuida 85.248 GWh anuales (14,208 MWh x 6.000.000 viviendas).

Cabe aclarar que en este cálculo no están incluidas las pérdidas debidas al regulador electrónico, baterías e inversor del sistema.

*3) Se instalan calefones solares en 6.000.000 de viviendas, en la mitad norte del país*

Se supone que se instalan calefones solares de 200 litros de capacidad en 6 millones de viviendas del norte del país, esto es en el 77% de las viviendas de la zona, donde también se instalan sistemas fotovoltaicos de autogeneración de energía eléctrica. No se considera el 100% de las viviendas del norte porque se supone que en el 23% no hay espacio suficiente para ambos tipos de equipamiento.

Cada calefón solar entrega una energía calórica de 8.603,9 kcal diarias<sup>4</sup>, equivalente a 10 kWh diarios de energía eléctrica (1 kcal de energía calórica = 0,00116222 kWh de energía eléctrica).

En base a estos calefones solares se podría autogenerar anualmente 21.899,22 GWh (8.603,9 kcal x 365 días x 6.000.000 viviendas = 18.842.541.000.000 kcal).

Es decir que saturando la mitad del país con sistemas fotovoltaicos domiciliarios y calefones solares y la otra mitad con sistemas eólicos domiciliarios se podrían generar 119.560 GWh. Esto equivale al 91% del equivalente en GWh del consumo de gas residencial de 2016.

Considerando que el factor de emisión de CO<sub>2</sub> del gas natural es 56,1 tCO<sub>2</sub>/TJ (factor de emisión por defecto de las Directrices IPCC 2006) y que 1TJ = 23,885 TEP, el reemplazo de 10.250.240 TEP (91% del consumo total de gas de 2016) por sistemas de generación distribuida permitiría ahorrar del orden de 24 MtCO<sub>2</sub> (10.250.240 TEP x 56,1/23,885).

Este ahorro equivaldría al 22% de la meta incondicional que la Argentina comprometió en su NDC y al 31% de la meta fijada en el Plan de Acción para el sector Energía, y sería equivalente a más de 4 veces la meta fijada para el sector Transporte (reducción de 5,9 MtCO<sub>2</sub>e en 2030).

Los costos, sin embargo, serían considerables. Tomando los precios minoristas promedio de los equipamientos (provistos por los proveedores) sin costos de instalación, las estimaciones arrojan los siguientes resultados:

---

<sup>3</sup> En base a cálculos de Sagardoy (2012) pp. 13 y 14

<sup>4</sup> Este valor de energía calórica diaria fue tomado de un ensayo realizado por la empresa E-Cologica en la ciudad de Rosario en enero de 2010 en el horario de 7-19hs. Ver [http://www.climafer.com.ar/Termotanque%20solar/termotanques\\_GUIA.pdf](http://www.climafer.com.ar/Termotanque%20solar/termotanques_GUIA.pdf) (p. 8)

- a) Generador Fotovoltaico Solartec 7000 R, con el equipamiento mencionado anteriormente: USD 9.700. Costo total en 7.812.125 viviendas = USD 75.700 millones
- b) Aerogenerador INVAP IVS 4500, con todo el equipamiento mecánico y eléctrico asociado: USD 17.800. Banco de baterías (16 baterías de ciclo profundo de 60Ah): USD 6.500. Total Generador Eólico: USD 24.300. Costo total en 6.000.000 de viviendas = USD 145.800 millones
- c) Calefón Solar de 200 litros de capacidad: USD 670. Costo total en 6.000.000 de viviendas = USD 4.000 millones

Es decir que el costo total de electrificar el consumo actual de gas residencial en la Argentina con soluciones de generación distribuida de acuerdo a los supuestos explicitados ascendería a unos USD 225.500 millones.

Considerando el ahorro de emisiones total previamente calculado (24 MtCO<sub>2</sub>e), esto daría un costo medio de aproximadamente USD 9.400/tCO<sub>2</sub>e.

Lógicamente, sobre este escenario pueden hacerse múltiples variaciones de potencia y capacidad de los sistemas fotovoltaicos, eólicos y calefones solares, pero van a estar en el orden de lo aquí calculado.

Desde un punto de vista de soluciones tecnológicas, también se podría analizar la posibilidad de desplegar sistemas de calefacción urbana (*district heating*), que son más eficientes que los calefones o termotanques solares individuales, si bien requieren obras de infraestructura mucho mayores que la instalación de equipamiento individual en domicilios. Por ejemplo, en Copahue, provincia de Neuquén se hizo en los años noventa un sistema de calefacción de calles por losa radiante para evitar la acumulación de nieve y hielo compuesto por una tubería de tres km que lleva el vapor de pozos geotérmicos a 1300 m de profundidad. De acuerdo a una nota periodística de aquellos años, el costo de esta obra, de alcance de alrededor de 10 manzanas, rondó los USD 6 millones<sup>5</sup>.

## 5. Gas natural residencial: consumo histórico 1980-2016 y proyecciones al 2050

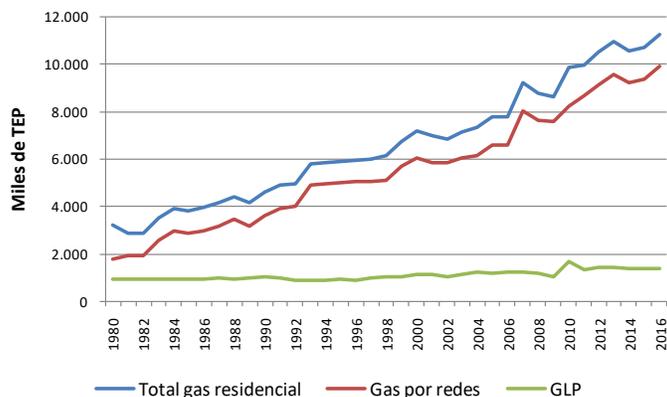
Entre 1980 y 2016 (36 años) el consumo total de gas residencial en la Argentina se multiplicó por 4, fundamentalmente debido al aumento del consumo de gas por redes (el consumo de gas licuado de petróleo se mantuvo casi constante). Como muestra la

Figura 5, la tendencia del consumo de gas a lo largo del período ha sido claramente creciente, con una tasa de crecimiento anual promedio del 28%.

---

<sup>5</sup><https://www.lanacion.com.ar/134400-copahue-es-el-primer-pueblo-con-calles-calefaccionadas>

Figura 5  
**Argentina: Evolución del consumo de gas residencial 1980-2016**



Fuente: Elaboración propia en base a los Balances Energéticos Nacionales 1980-2016 (MINEM)

En base al comportamiento histórico del consumo de gas residencial, y suponiendo que no se implementan fuertes medidas de eficiencia energética en dicho sector, podemos suponer en un escenario tendencial que entre 2018 y 2050 (32 años) el consumo de gas por redes volverá a multiplicarse aproximadamente por 4, multiplicando en la misma cuantía los desafíos hoy planteados.

## 5. Comentarios finales

La electrificación del consumo de gas residencial en la Argentina en base a fuentes renovables puede ser una parte importante de la estrategia país para reducir las emisiones nacionales de GEI con vistas a cumplir con los compromisos asumidos en la NDC ya presentada así como para posibilitar futuras reducciones aún mayores en el marco de las sucesivas NDCs -más ambiciosas- que deberemos ir presentando cada 5 años, de acuerdo a lo establecido en el Acuerdo de París.

Bajo supuestos fuertes -fundamentalmente, que en la totalidad de las viviendas del país puede instalarse algún tipo de sistema de generación domiciliario solar, eólico y/o termoeléctrico- las estimaciones preliminares sugieren que podría reemplazarse (electrificarse) aproximadamente el 90% del consumo actual de gas natural mediante soluciones de generación renovable distribuida. El restante 10% debería ser provisto por el SADI o por algún otro tipo de solución tecnológica no explorada en este trabajo.

El ahorro de emisiones que podría alcanzarse por reemplazar el 90% del consumo actual de gas natural (unas 24 MtCO<sub>2</sub>e) es considerable si se lo pone en perspectiva de la NDC presentada por la Argentina: representaría el 22% de la meta incondicional de la Argentina y el 31% de la meta fijada

para el sector Energía y sería 4 veces mayor que la meta fijada para el sector Transporte. No obstante, el costo de mitigación sería alto: unos USD 9.400/tCO<sub>2</sub>e.

Los desafíos inherentes a la implementación de un programa nacional de electrificación del consumo de gas residencial de la envergadura necesaria son considerables, tanto desde una perspectiva técnica como logística y de costos. Asimismo, se presenta el desafío adicional de cómo cubrir los incrementos futuros esperados en el consumo de gas natural, el cual, de perpetuarse los comportamientos históricos, crecería hasta 4 veces hasta el 2050.

Sin embargo, el desafío más importante es sin duda político: cómo impulsar programas de descarbonización energética para estar en línea con los esfuerzos mundiales tendientes a no sobrepasar los 2 °C de aumento de temperatura en un país donde la exploración y explotación de gas no convencional se ha posicionado como una de las principales prioridades políticas, por más que esto comprometa no solo la posibilidad de cumplir con los compromisos de mitigación nacionales sino también, de concretarse la ambición exportadora, de poner en jaque el presupuesto de carbono con el que contamos como humanidad.

## Referencias

CAMMESA (2017): Informe Anual 2017. Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista. Disponible en: <https://portalweb.cammesa.com/default.aspx>

INDEC (2010): Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2010. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Datos disponibles en: [www.censo2010.indec.gov.ar](http://www.censo2010.indec.gov.ar)

IPCC (2006): Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 1 del Volumen 2

MAYDS (2017): Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Argentina 2017. Disponible en: <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>

MINEM (2017): Informe Estadístico Anual del Sector Energético 2016. Ministerio de Energía y Minería. Secretaría de Coordinación de Planeamiento Energético. Dirección Nacional de Información Energética. Tecnología de la Información

MINEM (1980-2016): Balances Energéticos Nacionales 1980-2016. Ministerio de Energía y Minería. Disponibles en: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>

República Argentina (2016): Primera Revisión de su Contribución Determinada a Nivel Nacional.

República Argentina (2017): Segundo Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Sagardoy, I. (2012): "Análisis de ciclo de vida Aerogenerador IVS 4500". Trabajo Final de la carrera Ingeniería Ambiental. Pontificia Universidad Católica Argentina Santa María de los Buenos Aires. San Carlos de Bariloche