

## LINEAMIENTOS DE GESTIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE GEI DEL SECTOR ENERGÉTICO EN ARGENTINA

ALTUNA, GUSTAVO.<sup>1</sup> Y ALANIZ, EUGENIA.<sup>2</sup>

1: Lic. en Gestión Ambiental  
Universidad Blas Pascal  
Av. Donato Álvarez 380 – CP. 5147 – Argüello – Córdoba, Argentina  
gustavoaltuna@gmail.com

2: Mag. Lic. en Geología  
Vicerrectorado Académico  
Universidad Blas Pascal  
Av. Donato Álvarez 380 – CP. 5147 – Argüello – Córdoba, Argentina  
ealaniz@ubp.edu.ar

**Resumen.** *El desarrollo económico de nuestra sociedad requiere cantidades crecientes de energía, hecho común a todas las sociedades del mundo; históricamente, la matriz energética de Argentina está basada en combustibles fósiles, conformando una peligrosa dependencia hacia los hidrocarburos (y a las importaciones de los mismos, últimamente), aumentando las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de manera constante. En la actualidad, la matriz energética tiene una dependencia del 50% del gas natural; si bien éste es el que menos emisiones de CO<sub>2</sub> produce entre todos los hidrocarburos, el constante aumento de su uso ha generado que se dupliquen los valores de emisiones en los últimos años.*

*El presente trabajo tiene por objeto definir los lineamientos de gestión necesarios para reducir las emisiones de GEI a partir de las fuentes energéticas, enfocándose en la generación eléctrica. A partir del análisis de la matriz energética actual, las emisiones de GEI y la disponibilidad de fuentes alternativas, se realizan una serie de recomendaciones de gestión tendientes a reducir las emisiones, principalmente las de CO<sub>2</sub>, y lograr una matriz energética equilibrada y sostenible. El aumento de penetración de energías renovables no sólo tiene que considerarse para los requerimientos crecientes interanuales, sino también para el reemplazo de los actuales sistemas de generación eléctrica basados en combustibles fósiles.*

**Palabras clave:** energías alternativas, emisiones GEI, matriz energética, gestión ambiental.

### 1. INTRODUCCIÓN

La generación de energía secundaria, en forma de electricidad, es una necesidad para toda sociedad. Su disponibilidad determina el grado de avance de la misma en virtud de satisfacer las necesidades mínimas de sus integrantes y las posibilidades de desarrollo económico [1]. La humanidad ha variado el uso de energía con el tiempo, conforme aumentó su capacidad tecnológica, donde cantidades crecientes de energía fueron requeridas. En un principio se basó en el uso de biomasa para obtener luz y calor. Posteriormente la obtención de energía se incrementó a partir del uso del carbón. Pero fue a partir del descubrimiento del petróleo que se intensificaron los requerimientos energéticos, motivados en la capacidad de entrega de

energía del producto. Actualmente, el desarrollo de todo país está determinado principalmente por la capacidad de acceder a energía eléctrica.

Es así como cobra importancia introducir aquí el concepto de matriz energética, la matriz energética es la representación porcentual de los distintos componentes de energía primaria que intervienen durante un período de tiempo sobre un determinado sistema. Dicho en otras palabras, la matriz energética está compuesta de todas las energías que ingresan a un sistema [2].

## **2. DESARROLLO METODOLÓGICO**

Para la realización de este trabajo se establecieron los siguientes pasos metodológicos:

- Estudio descriptivo y exploratorio de carácter bibliográfico sobre la matriz energética de Argentina: se realizó un análisis de la composición y evolución de la matriz energética argentina a partir de los informes oficiales emitidos oportunamente por la Secretaría de Energía de la Nación, y se complementó el estudio con bibliografía relacionada.
- Análisis cualitativo y cuantitativo de la matriz energética argentina: la finalidad de este análisis fue determinar cómo la composición porcentual de los sistemas de generación eléctrica dentro de la matriz influyen en numerosos aspectos del ambiente, teniendo la economía ambiental como herramienta de trabajo. Se realizó un estudio bibliográfico de los diferentes sistemas energéticos vigentes, donde se detallan los impactos asociados a cada sistema de generación y su implicancia en el ambiente; asimismo se analizaron las proyecciones temporales según el estado actual.
- Estudio exploratorio de carácter bibliográfico sobre los marcos teóricos de generación eléctrica a partir de fuentes alternativas en Argentina: se analizaron los marcos teóricos relacionados con las fuentes renovables de generación y su aplicación a partir de la bibliografía hallada. En cada caso se analizaron los principales aspectos referidos a la utilización de la fuente energética en el país.
- Estudio descriptivo del marco regulatorio energético vigente en el país: se relevó la normativa vigente nacional respecto de la generación eléctrica y energías renovables, analizando cada una de las leyes. También analizaron los convenios internacionales que el país tiene suscripto con respecto a energías renovables, generación eléctrica y cuidado del medio ambiente asociado a las anteriores.
- Propuesta de gestión para aumentar los porcentajes de generación eléctrica a partir de fuentes renovables en Argentina: se establecieron parámetros de trabajo para incrementar los porcentajes de generación eléctrica a partir de energías renovables disponibles en el país, en detrimento del uso de combustibles fósiles.

La visión propuesta de gestión y economía ambiental se basa en las características de la problemática, que trasciende los meros aspectos económicos y se enfoca en el uso racional de recursos, eficiencia energética, recursos naturales renovables y no renovables, sustentabilidad y cuidado del medio ambiente.

Mediante la presente propuesta se busca incrementar la oferta de energía eléctrica ante la

creciente demanda, reduciendo a su vez el uso de sistemas de generación tradicionales (combustibles fósiles), para obtener una matriz cada vez menos dependiente de recursos no renovables.

La matriz energética argentina del 2015 es (figura1):

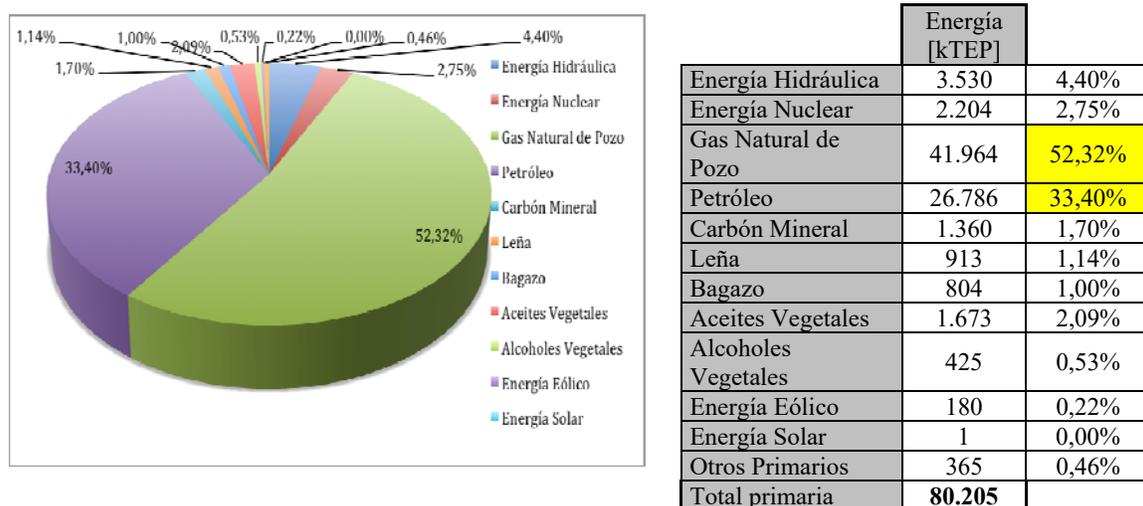


Figura 1. Matriz energética argentina 2015

En coincidencia con la tendencia mundial, el mayor componente de la matriz energética argentina (MEN) es de origen fósil, con especial hincapié en el gas natural (GN) y presencia minoritaria de carbón mineral (CM) [3]. Los principales causantes de esta dependencia hacia el GN en el uso energético son:

- Abundancia de reservas.
- Bajas inversiones de capital para la generación eléctrica.
- Combustibles fósiles subsidiados.

Los altos consumos de GN para uso residencial y generación eléctrica, junto con el decaimiento del horizonte de reservas, motivaron salir de la autosuficiencia e hicieron necesario la importación creciente del recurso, hasta llegar a valores de compra de USD 14 MM anuales en el año 2014 [4]. Tales condiciones crearon desequilibrio en la balanza de pagos, crearon condiciones desfavorables para la compra energética e indujeron momentos de desabastecimiento eléctrico (sobre todo en momentos de consumo extremo, coincidentes con las máximas y mínimas temperaturas anuales) [5].

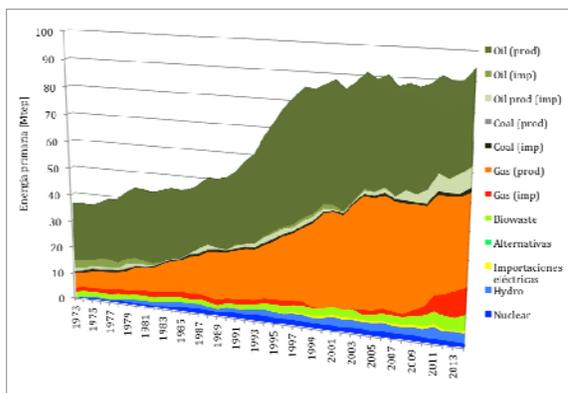


Figura 2. Evolución de la MEN

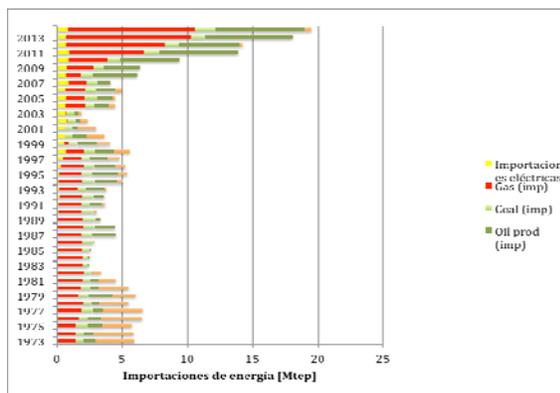


Figura 3. Importaciones energéticas

Las figuras 2 y 3 muestran los incrementos de encajes de fósiles e importaciones energéticas, respectivamente, en la MEN a lo largo del tiempo.

## 2.1. Emisiones de GEI

Las emisiones de GEI a partir de la generación eléctrica son proporcionales al uso de combustibles fósiles y la eficiencia de los sistemas generadores utilizados [6]. En la tabla 1 se observa el inventario de emisiones de GEI correspondiente al año 2012. Allí se evidencia la importancia de las emisiones directas de CO<sub>2</sub> a partir de la generación de energía, proveniente de la combustión directa de elementos fósiles, quedando el resto de las actividades muy por debajo de las anteriores.

INVGEI2012	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	SF <sub>6</sub>	HFC-23	Total
Total	273540	81897	73639	163	21	2	178	429440
Total (sin CUSS)	188265	77140	73155	163	21	2	178	338924
Energía	173487	8061	1831	--	--	--	--	183379
Procesos Industriales	14713	47	145	163	21	2	178	15269
Solventes y otros	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Agricultura y Ganadería	--	49374	70125	--	--	--	--	119499
Cambios de uso de suelo y Silvicultura	85275	4757	484	--	--	--	--	90516
Residuos	65	19658	1054	--	--	--	--	20777

Tabla 1. Inventario de emisiones de GEI, en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente (fuente: www.ambiente.gov.ar)

A medida que aumentó el uso de combustibles fósiles para la generación energética, aumentaron considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub>, principalmente; de hecho, como se

observa en la figura 5, las emisiones de ese gas se duplicaron en menos de 20 años, mientras que las correspondientes al resto de los gases contaminantes (relacionadas con otras actividades humanas) sufrieron variaciones, pero poco considerables en comparación. Se puede observar la similitud entre la curva de emisiones de CO<sub>2</sub> y la evolución de la matriz de generación eléctrica (MGE) en la figura 4, donde los mayores cambios corresponden al aumento de gas natural como combustible para la generación.

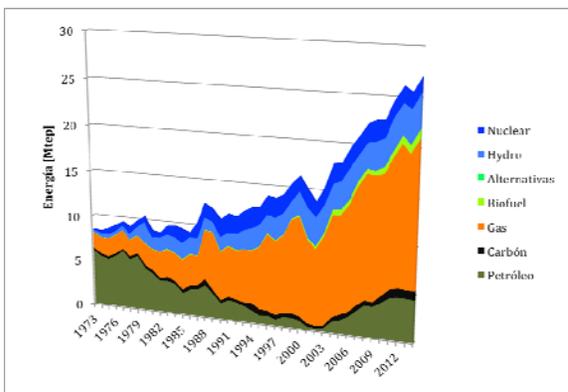


Figura 4. Evolución de la MGE

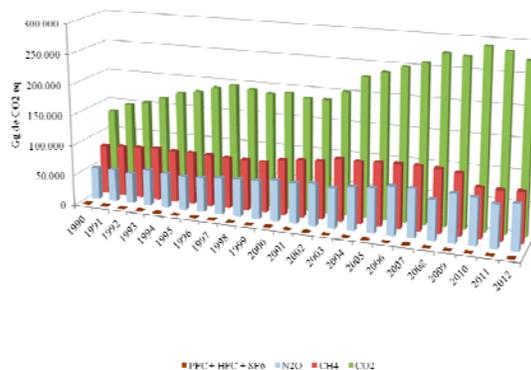


Figura 5. Emisiones de GEI

## 2.2. Escenarios futuros

La importancia de plantear escenarios energéticos radica en visualizar posibles condiciones a futuro, establecer parámetros de generación y consumo, predecir emisiones y plantear caminos posibles para lograr la meta deseada [8]. Asimismo sirve para analizar distintas visiones sobre el futuro energético del país, según los lineamientos estratégicos previstos.

El último trabajo interdisciplinario realizado analizó el escenario energético para el año 2035 desde distintas perspectivas. Habiendo definido las variables y la metodología, se convocó a seis instituciones para que realizaran independientemente su evaluación de escenarios futuros. Las premisas se pueden resumir en:

- AGEERA (Asociación de Generadores de Energía Eléctrica de la República Argentina): Planteo de un escenario con fuerte probabilidad de ocurrencia, procurando lograr una matriz lo más diversificada posible.
- CACME (Comité Argentino del Consejo Mundial de Energía): Combinación de lo “deseado” y lo “posible” (“deseado”: precios realistas, reglas de juego y marco institucional estables, “posible”: potencial energético realista).
- CADER (Cámara Argentina de Energías Renovables): Diversificación de la matriz energética a partir de una alta penetración de energías renovables.
- FEP (Foro de Ecología Política): Matriz eléctrica al año 2050 que se acerca al 100% de energías renovables.
- GEA – UBA (Grupo Energía y Ambiente - UBA): Procura lograr un costo de la energía que resulte lo más bajo posible y a su vez disminuir las emisiones de GEI.

- WWF (Fundación Vida Silvestre Argentina): Foco en el escenario de URE (uso responsable de la energía). Protección de los ecosistemas y de la biodiversidad.

Cada institución trabajó en función de sus ideas, pero todas bajo una misma metodología y con dos parámetros iniciales: los valores medidos en el año base (2013) y la proyección energética 2035 en la modalidad BAU (Business as usual).

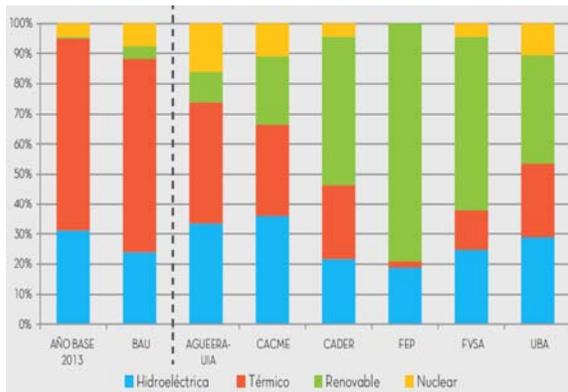


Figura 6. Composición de la matriz eléctrica 2035

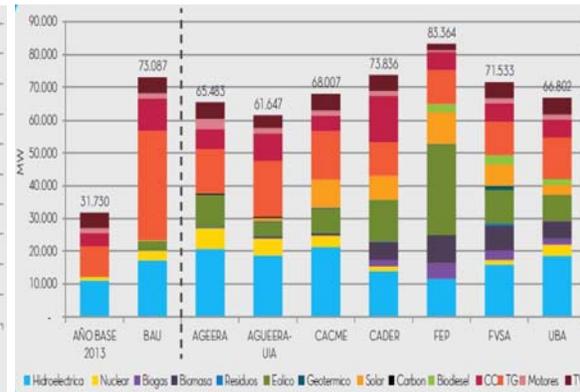


Figura 7. Generación neta 2015

Si bien los resultados son muy dispares, tanto en cantidades de energía, composición y penetración de las energías renovables, precios y emisiones de CO<sub>2</sub>, el punto más importante del trabajo son las concordancias y disidencias entre los distintos modelos, hecho que plantea la base de trabajo para la gestión energética a largo plazo. La figura 6 muestra las diferentes composiciones de la matriz eléctrica para 2035 según los diferentes escenaristas. Se puede observar que todos predicen un importante aumento de las renovables, pero también coinciden en que será necesario generar electricidad a partir de energía térmica, por lo que seguirán habiendo emisiones a la atmósfera debido a la constante necesidad de potencia firme para abastecimiento del MEM. Las cantidades netas de energía están dadas por las previsiones de crecimiento socioeconómico y eficiencia de uso, tema que excede los alcances del presente trabajo.

### 2.3. Lineamientos de gestión

Para plantear lineamientos de gestión tendientes a reducir las emisiones de GEI a partir de la generación de electricidad, se resumieron (tabla 2) las coincidencias-disidencias principales de los diferentes escenarios energéticos, de modo de tener una base de acuerdo entre los actores.

Los lineamientos de gestión presentados a continuación de la tabla, pretenden ser una serie de recomendaciones puntuales de cumplimiento a corto, mediano y largo plazo, que tienen como objetivo el aumento de penetración de las energías renovables dentro de la matriz energética y la eliminación gradual de fuentes de emisión de GEI, directamente asociadas al uso de combustibles fósiles. Conjuntamente con ello, se busca reforzar el resto de los conceptos de sustentabilidad en la generación y uso energético.

Acuerdos	Disidencias
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia instalada para el escenario URE promedio de 70 GW.</li> <li>• Inversiones necesarias para expandir a la anterior potencia de U\$S 96.000 MM (valor promedio).</li> <li>• Fuerte crecimiento de la generación a partir de las energías renovables.</li> <li>• La generación eólica soporta gran parte del aumento de las renovables.</li> <li>• La generación en base a carbón es escasamente utilizada.</li> <li>• El incremento de generación requerirá un aumento en el sistema de transporte, valuado en U\$S 13.000 MM (valor promedio).</li> <li>• El fuerte incremento de generación renovable en la Patagonia justifica la instalación de una o dos líneas de corriente continua para el transporte.</li> <li>• La producción convencional de gas y petróleo es decreciente.</li> <li>• Los hidrocarburos no convencionales alcanzarán volúmenes significativos a partir de 2025 (siempre que se respete el nivel de inversión inicialmente requerido).</li> <li>• La importación de gas desde Bolivia se mantiene y expande su volumen.</li> <li>• El potencial hidráulico aumenta en función a la disponibilidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La nucleoelectricidad no es considerada en expansión por algunos escenaristas, argumentando obsolescencia de los proyectos y cuestionando la viabilidad ambiental.</li> <li>• Algunos proyectos hidroeléctricos de pasada en ríos del litoral no son considerados por sus potenciales implicancias ambientales.</li> <li>• La producción de hidrocarburos no convencionales tienen algunos reparos ambientales y económicos.</li> <li>• La inyección de grandes volúmenes de biogás a la red domiciliaria.</li> <li>• Importación/exportación de energía eléctrica como forma de balance de las intermitencias del sistema.</li> <li>• Ampliación de capacidad de refinación de petróleo en función de la producción de no convencional.</li> <li>• Retiro de potencia: algunos escenaristas lo justifican por cuestiones ambientales, otros por cuestiones de obsolescencia y otros lo revistan como reserva energética.</li> </ul>

Tabla 2. Resumen de los escenarios 2035

- **Eficiencia energética:** la experiencia muestra la importancia del uso eficiente de la energía, tanto por el consumo intrínseco de la misma como por los efectos que su generación produce; la tendencia general es racionalizar y economizar el consumo energético paralelamente con el cambio hacia fuentes renovables y limpias. El principal objetivo de esto es permitir el crecimiento socioeconómico sin requerir grandes incrementos energéticos, pero sin disminuir o descuidar la calidad de prestaciones [9].

De poco sirve generar más energía y menos contaminante si es malgastada; ambas cuestiones deben estar unidas para lograr los objetivos establecidos, buscando minimizar costos y emisiones. Los nuevos desarrollos deberán contemplar la eficiencia energética como tema prioritario para asegurar la sustentabilidad, ya que el crecimiento social traerá consecuentemente mayores requerimientos energéticos, y con ellos, gestión de recursos que en algún punto tienen limitaciones.

Todos los escenarios consultados prevén un aumento en los requerimientos energéticos a futuro, la diferencia de cantidades finales de energía requerida está dada por la eficiencia lograda. En cuestiones de recursos finitos (fósiles, por ejemplo), será necesario (casi mandatorio) su utilización eficiente para lograr que menores cantidades sean requeridas, y a su vez, utilizados por los sistemas prioritarios (transporte, por

ejemplo). Del análisis de los mismos se puede prever:

- Aspectos considerados para la energía eléctrica (15% de ahorro).
- Aspectos considerados para el gas natural (2,3% de ahorro).
- Aspectos considerados para el transporte – gasoil (10,6% de ahorro).

Se deberían establecer políticas de eficiencia energética claras y definidas, en formatos de leyes específicas, para asegurar el cambio paulatino donde sea requerido, tanto en las formas de generación de energía como en el consumo de la misma [10].

- Promoción de microredes, autoconsumo y balance neto: las microredes son soluciones muy eficientes para puntos aislados del SADI o alejados con necesidades de repotenciación de la red para ese punto; la conformación de una microred requiere bajos costos de transmisión, son moldeables a las necesidades locales, potenciando las fortalezas energéticas de la región y aprovechando los recursos genuinos [11].

Por otro lado, el uso de microredes permite conectar eficientemente sistemas de generación múltiples (fluctuantes, centrales de paso, distribuida) con el SADI, permitiendo trabajar las fluctuaciones de oferta y demanda energética de manera local. Con ello se puede alimentar los picos de potencia sin modificar los sistemas de transmisión, hecho que redundan en un importante ahorro de costos; asimismo la microred funciona con despacho preferente, por lo que la energía sobrante de la conexión con el SADI puede ser redireccionada hacia otro lugar de necesidad (o conveniencia) [12].

- Líneas de crédito y financiamiento interno: deberá garantizarse la financiación del fondo fiduciario, ya que su mayor componente económica resulta del aporte del tesoro nacional, producto del ahorro efectivo en importaciones energéticas derivadas de combustibles fósiles; estos valores tienen tendencias decrecientes, mientras que los fondos destinados a las energías renovables son claramente crecientes. Es por ello que se deberían arbitrar los medios necesarios (recupero de capital e intereses en financiaciones ya entregadas, dividendos y utilidades por transacciones de PPA's, etc.) para asegurar el flujo desde el FODER hacia los proyectos de manera ininterrumpida. Otra posible forma de contribuir con este fondo es a través del cobro de tasas por emisiones de GEI, proporcionales en cada caso.
- Reemplazo sistemático de equipos de generación térmica: la base de la reducción de emisiones de GEI (en cuestiones energéticas) radica en la eliminación de fuentes contaminantes (en síntesis sistemas de generación térmica a partir de combustibles fósiles) y su reemplazo por fuentes limpias (renovables, en su mayoría). No basta sólo con incorporar cupos de energías renovables desde las necesidades incrementales, sino que se deben reducir las actuales fuentes contaminantes; los compromisos internacionales redundan en estas cuestiones, eliminando paulatinamente la generación eléctrica a partir de fuentes fósiles [13].

La planificación de incorporación de energías renovables no sólo debería ser realizada con el objetivo de alimentación de los cupos crecientes interanuales, sino que debería contemplar específicamente el recambio de máquinas obsoletas de generación a partir de combustible fósil; sólo así se lograrán los objetivos de reducción de emisiones a

largo plazo, ya que las cantidades netas de CO<sub>2</sub> emitidas irán reduciéndose conforme sean reemplazados los generadores.

### 3. CONCLUSIONES

- En el 2012, el 43% de las emisiones de GEI correspondieron al sector de generación eléctrica.
- Es necesario acordar socialmente objetivos a largo plazo, para garantizar la continuidad de las políticas públicas. Se debe cuantificar la meta de “cero emisiones” para la generación eléctrica, teniendo en cuenta todos los parámetros de sustentabilidad involucrados.
- Los incrementos de aprovechamiento de energías renovables deberán considerar conjuntamente los aumentos anuales requeridos, las reservas energéticas y el reemplazo secuencial de las centrales de generación a partir de combustibles fósiles. Además es necesario avanzar sobre el desarrollo de almacenamiento energético (remanentes de uso de energía renovable) para su utilización posterior, generando así mecanismos de potencia firme que reemplacen los actuales.
- Temporalmente se debe incrementar el uso de biocombustibles para la generación eléctrica, reemplazando gradualmente a los combustibles fósiles hasta su eliminación definitiva.
- La matriz de transporte está obsoleta: se debe realizar un estudio minucioso para planificar correctamente su optimización.
- Se requiere incrementar la generación de potencia firme para atenuar las fluctuaciones de las fuentes renovables: actualmente se realiza en base a hidroelectricidad y nucleoelectricidad (ambas con inversiones ya realizadas en el país), pero se deben desarrollar sistemas de almacenamiento de energías (renovables) para su utilización en banda negativa.

### REFERENCIAS

- [1] CADER, *La hora de las Energías Renovables en la matriz eléctrica argentina*, Cámara Argentina de Energías Renovables, Argentina (2015).
- [2] ANI, *Reflexiones sobre una matriz energética sostenible*, Academia Nacional de Ingeniería, Instituto de Energía, Argentina (2011).
- [3] IRENA, *Estadísticas de energía renovable 2016*, The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos (2016).
- [4] Secretaría de Energía de la Nación, *Balance Energético Nacional – Serie 2015*, Ministerio de Energía y Minería, Gobierno de la República Argentina (2016).
- [5] Barrera, J., *La matriz energética desbalanceada y la creciente importación neta de energía: ¿hay alternativas para resolver o morigerar estos dos problemas?*, Jornadas de Energía y Problemas Nacionales. Instituto Argentino de Desarrollo Económico, IADE, Argentina (2014).
- [6] Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, *Tercera comunicación nacional de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio*

- Climático*, Jefatura de Gabinete de Ministerios, Gobierno de la República Argentina (2015).
- [7] IEA, *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion Highlights (2016 edition)*, International Energy Agency, Francia (2016).
- [8] Fernández, R., *Escenarios Energéticos Argentina 2015 - 2035 : resumen y conclusiones para un futuro energético sustentable*, Fundación AVINA, CABA, Argentina (2015).
- [9] ANI, *Propuesta para el desarrollo de la eficiencia energética*, Agencia Nacional de Eficiencia Energética, Argentina (2015).
- [10] Ex Secretarios de Energía, *La Política Energética como Política de Estado – Consensos para una nueva Política Energética*, Instituto Argentino de Energía General Mosconi, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina (2014).
- [11] REN 21, *Renewables 2016 Global Status Report*, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, París, Francia (2016).
- [12] IAE, *Abastecimiento de energía eléctrica a partir de energías renovables*, Instituto Argentino de Ingeniería General Mosconi, CABA, Argentina (2016).
- [13] IPCC, *Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático*, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Estados Unidos de América (2012).