

# ¿Qué significa la eficiencia de los artefactos doméstico?

## *Factores de comparación energéticos*

*Factores de corrección de eficiencia para distintos insumos energéticos en Argentina*

*P. Sensini<sup>1</sup>, J. Fiora<sup>2</sup>, L. Iannelli<sup>3</sup> y S. Gil<sup>1, ‡</sup>*

*Versión preliminar: 10 de mayo 2018, Buenos Aires*

<sup>1</sup>Escuela de Ciencia y Tecnología – Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI-Energía) - Parque Tecnológico Miguelete, Edificio 41, San Martín, Buenos Aires (1650) Argentina.

<sup>3</sup>Gerencia de Distribución del Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), Suipacha 636- (1008) CABA-Argentina.

**RESUMEN:** La eficiencia de un equipo se define como el cociente entre la energía útil y la consumida por el equipo para lograr un determinado servicio. Existen muchos artefactos y dispositivos que pueden usar distintos vectores o insumos energéticos para prestar un mismo servicio. Para poder comparar los distintos tipos de equipos que prestan un mismo servicio, surge de modo natural la pregunta: ¿Cómo comparar las eficiencias energéticas cuando se usan diversos insumos?. Esta situación se presenta cuando se desea comparar las eficiencias de por ejemplo cocinas o equipos de calentamiento de agua que pueden operar a gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) o electricidad. En Argentina no hay pautas claras y consensuadas para hacer esta comparación. Actualmente las eficiencias usadas en los sistemas de etiquetado, solo toman en cuenta el consumo del insumo energético final. Dado que, en Argentina, cerca del 55% de la electricidad se genera usando gas natural, cuya eficiencia de transformación, en el mejor de los casos, no supera el 55%, es natural generar algún coeficiente de corrección o *Factores de Comparación de Insumos Energéticos* (FCIE) para así poder comparar la eficiencia de los equipos que brindan una misma prestación. En este trabajo se discute una propuesta de etiquetado en eficiencia que permita comparar equipos que usan distintos insumos energéticos, refleje los costos de operación de los equipos y también las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Palabras claves:** Ahorro y eficiencia energética. Etiquetado de eficiencia energética. Eficiencia en el sector residencial.

## 1) INTRODUCCIÓN

Existen muchos artefactos domésticos destinados a brindar un mismo servicio (cocción, calentamiento de agua, calefacción, etc.) que pueden usar distintos vectores o insumos energéticos para operar. Por lo tanto, a los usuarios se les presenta una gran confusión y ambigüedad cuando desean hacer una selección entre qué equipo es más conveniente tanto en el consumo de energía, el impacto económico en sus facturas de energía, como en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por ejemplo, típicamente una cocina a inducción tiene una eficiencia cercana al 82% mientras que una cocina a gas natural del 50%. Imaginemos que un usuario, comparando las eficiencias, decide cambiar su cocina a gas por una a inducción en Argentina. La paradoja que se presenta es que este usuario comenzará a pagar una tarifa mayor por utilizar este equipo, supuestamente más eficiente y lo más notable, es que sus emisiones de GEI habrán aumentado. Esta misma paradoja se presenta en los equipos de calentamiento de agua, calefacción, etc.

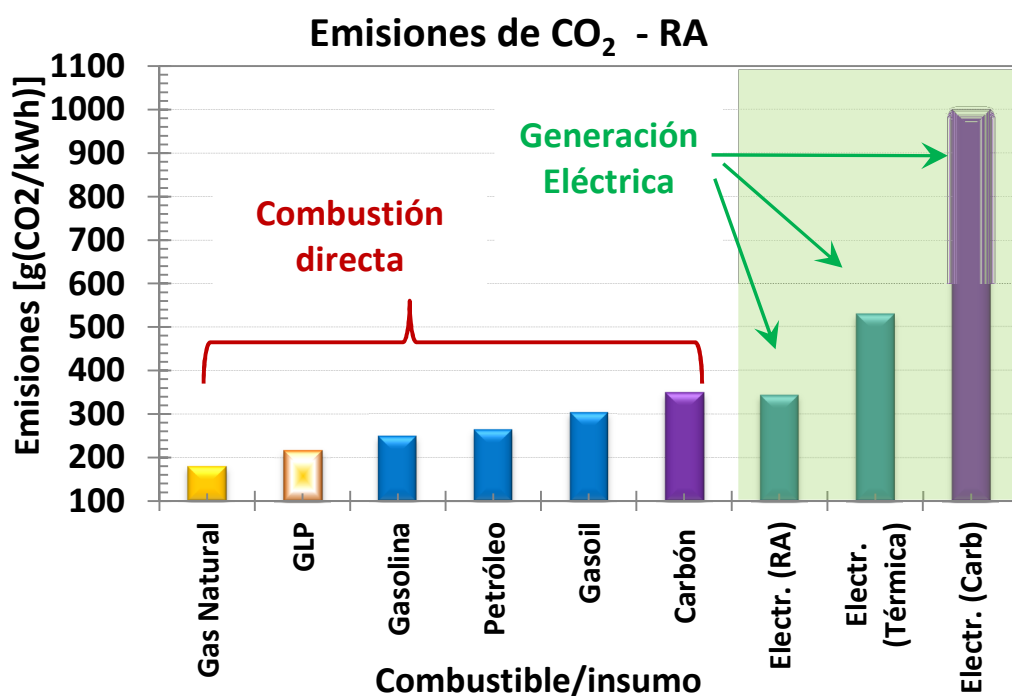
Asimismo, en los nuevos sistemas de etiquetado de eficiencia energética que se desarrollaron recientemente en Argentina, la norma IRAM 11900/2017 “*Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo*”, requieren comparar consumos provenientes de distintos vectores energéticos, que deben ser pesados en forma distinta. [1]

---

<sup>‡</sup> e-mail: [sgil@unsam.edu.ar](mailto:sgil@unsam.edu.ar)

A nivel internacional, encontramos el mismo problema, por ejemplo, en EE.UU. el programa Energy Star del U.S. Environmental Protection Agency (EPA) desarrollaron el concepto de “Site-to-Source” [2]. Para ello el EPA diferencia lo que denominan energía en el sitio (*site energy*<sup>§</sup>), que es la cantidad de gas, calor o electricidad consumida por un usuario o edificio como se refleja en las facturas de servicios públicos. Este valor no incluye las “pérdidas” de transformación, transmisión, o distribución. Por otra parte, la energía de fuentes (*source energy*) incluye la energía usada en la transformación, transmisión y distribución.

En la Comunidad Europea se desarrolló el concepto Factor de Energía Primaria (Primary Energy Factor (PEF)), que es precisamente, para un dado vector energético, el cociente entre la energía primaria requerida para generar la que efectivamente se suministra al equipo como energía final. El PEF se utiliza para definir criterios de eficiencia en los productos que utilizan distintos vectores energéticos (empleado en el etiquetado de eficiencia energético). El PEF se aplica tanto a la electricidad como a otros insumos energéticos. [3] Tiene mucho impacto en la elección de las tecnologías basadas en electricidad versus los que usan combustibles fósiles. Por ejemplo, en calefacción de interiores o calentamiento de agua. En el caso de las bombas de calor, el PEF de la electricidad y la eficiencia son los dos factores centrales para evaluar el potencial de ahorro de energía primaria de cada tecnología. Un valor elevado de PEF para la electricidad reduce los ahorros de energía calculados de las bombas de calor en comparación con otros combustibles como el gas o fueloil, desalentando la innovación en estas tecnologías. Por otro lado, un valor muy bajo del PEF eléctrico, promueve el uso de artefactos eléctricos.

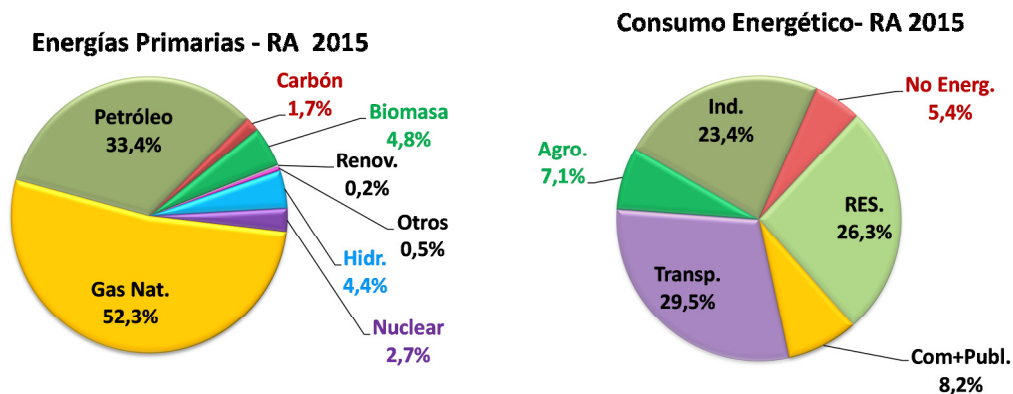


**Figura 1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> de distintos combustibles o insumos energéticos en g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Como se observa, de todos los combustibles fósiles, el gas natural es el que genera menos emisiones. En el caso de la electricidad, sus emisiones dependen de la fuente primaria usada para producirla. Su emisión es relativamente alta debido a que la eficiencia de conversión de energía primaria a electricidad es baja, para el gas natural es inferior al 58% y para el carbón no supera el 35%, por ello y las mayores intrínsecas emisiones del carbono, hacen que la generación de electricidad con carbón, última columna de color violeta, sea tan elevada. En esta figura se indica en verde (Electr.(RA)) el valor medio de la generación eléctrica de la República Argentina. Fuente Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina. [4]

<sup>§</sup> En Argentina se denomina Energía Final o Consumo Final de Energía.

El uso del sistema de etiquetado, basado en uso de energía final, se agrava en el caso de Argentina; donde por un lado existe una de las redes de distribución de gas natural más extendidas del planeta y por otra parte el abastecimiento de electricidad presenta una gran fragilidad en los picos de consumo. Además, en este país, casi el 50% de la electricidad se produce usando gas natural, y su eficiencia de generación es, en el mejor de los casos, de alrededor del 55%. [5] Si se tienen en cuenta las pérdidas en los sistemas de distribución; por cada unidad de energía eléctrica utilizada, se requieren por lo menos dos unidades de gas natural. Las emisiones de CO<sub>2</sub> son muy diferentes cuando se usa una unidad de energía, con distintos vectores energéticos, como se ilustra en la Figura 1. Las emisiones presentadas en este gráfico, no incluyen las emisiones generadas en su producción ni las fugitivas producidas en las extracción, transporte o distribución.

Tradicionalmente, las fuentes de energía se clasifican en *primarias* y *secundarias*. [2] Las fuentes primarias son aquellas que se extraen directamente de la naturaleza (leña, carbón mineral, petróleo, gas, etc.) o bien no se obtienen a partir de otras fuentes, por ejemplo nuclear, hidráulica, solar o eólica. Las fuentes secundarias o *vectores energéticos* son productos energéticos que no se extraen directamente de la naturaleza y que en general se obtienen usando fuentes primarias, por ejemplo, la gasolina, gasoil, fueloil, nafta, kerosén, gas licuado, etc. En la Figura 2 se ilustra la oferta interna de energía primaria y la distribución según el uso de la energía secundaria para el año 2015, en Argentina. Es interesante notar que nuestra matriz energética es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles. El petróleo, el gas y en menor medida el carbón, contabilizan el 87% de la energía que producimos y consumimos.

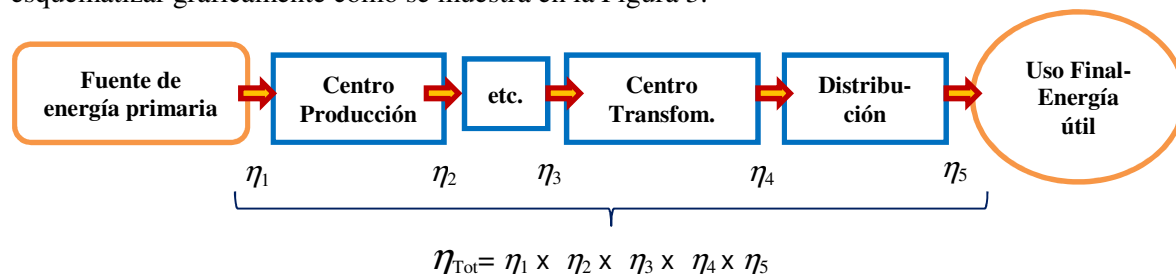


**Figura 2.** Izquierda, matriz energética primaria y derecha distribución de la energía secundaria según su uso en la República Argentina para el año 2015. Agro. indica el uso de energía en actividades agropecuarias, Ind. es el consumo industrial, RES. es el consumo residencial, Com. + Publ. indica la componente de uso comercial y en instituciones públicas gubernamentales o privadas. No Energ. indica el uso de productos energéticos como materia prima para la producción de insumos (plásticos, fertilizantes, etc.) y Transp. es el consumo en transporte. Fuente de los datos: Ministerio de Energía y Minería de la Nación. [2]

La disponibilidad de energía es fundamental para el desarrollo social y económico. Sin embargo, es importante tener en cuenta que disponer de energía no representa un fin en sí mismo, sino es más bien un medio para satisfacer las necesidades vitales y de confort humano. Lo que en general necesitamos es iluminación, agua caliente, confort térmico de ambientes, transportarnos, etc. Es decir, requerimos de servicios energéticos, más que energía *per se*. No debemos confundir la energía útil con la energía realmente utilizada. Por ejemplo, cuando encendemos una lámpara incandescente, lo útil es la energía lumínica, mientras que el calor que se genera es una pérdida de energía. En el caso de agua caliente, la energía útil de un equipo es el calor que va al agua, haciendo que esta eleve su temperatura. Así, el vector energético que utiliza, gas o electricidad, es solo un medio para lograr nuestro objetivo: disponer de agua caliente.

## 2) CADENA DE TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA

Es claro que cada etapa en la cadena de transformación, transporte y distribución, tiene una cierta eficiencia de procesamiento, que se representa con la letra  $\eta_i$ . La eficiencia total,  $\eta_{Tot}$  es el producto de las eficiencia parciales de toda la cadena. Este concepto se puede esquematizar gráficamente como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Sendero de uso de la energía desde su fuente de energía a su utilización final. Cada etapa de producción, transformación, transmisión, distribución, eficiencia de los equipos, etc. tiene una cierta eficiencia de procesamiento, que lo representamos con la letra  $\eta_i$ . La eficiencia total o global,  $\eta_{Tot}$ , es el producto de las eficiencias parciales de toda la cadena desde que la energía está en su fuente originaria o primaria, hasta que se transforma en energía útil.

### Aproximaciones al problema determinación de factores de comparación de insumos energéticos (FCIE)

Como es natural, existen distintas aproximaciones al problema de comparar el impacto de uso de los distintos vectores energéticos. Algunos de ellos se describen a continuación:

**Enfoque Global:** en esta aproximación, se consideran todas las pérdidas de energía involucradas para un determinado uso, desde el pozo al uso final. Por ejemplo, en el calentamiento de agua con gas, en el enfoque global tiene en cuenta todos los procesos desde que el gas sale del pozo, se acondiciona, se transporta a los city gates, se distribuye y luego se tiene en cuenta la eficiencia del equipo de calentamiento de agua. Esta aproximación es similar al *Primary Energy Factor* discutido más arriba. Una dificultad con este enfoque es que el consumo de energía en la minería de gas natural o el petróleo\*\* varía de un lugar a otro y con el tiempo, ya que las metodologías de extracción son dinámicas y cambiantes de acuerdo a la naturaleza de los pozos. Dada la complejidad de esta etapa del procesamiento de la energía primaria, muchas veces, resulta conveniente para el análisis tomar como punto de partida el instante en que el insumo primario, gas natural, o petróleo, está fuera de su yacimiento y listo para ser acondicionado y luego ser transportado. Algo parecido ocurre en la minería de carbón o la de uranio. En el apéndice A se discute con algún detalle la evaluación del enfoque para el caso del gas en Argentina.

En la práctica, este enfoque presenta muchas incertezas que dificultan su determinación, incluyendo la ya mencionada eficiencia de extracción, los distintos y variados orígenes de los combustibles importados, etc. Esto genera grandes incertidumbres que hacen que su utilidad para generar coeficientes que puedan tener cierta perdurabilidad en el tiempo sea muy limitada. Por tal razón, es que se toma como punto de referencia el momento en que los combustibles están a la entrada de los grandes centros de consumos o *citygates*, como se describe en el Apéndice A.

## 3) FACTORES DE COMPARACIÓN BASADO EN LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Otro enfoque válido, tal vez más objetivo y relevante para generar factores de comparación de insumos energéticos (FCIE) es considerar las emisiones de GEI (CO<sub>2</sub>) que

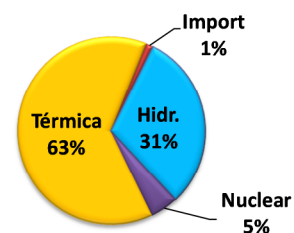
\*\* Utilizados para la generación de electricidad.

cada vector genera en su uso final. En este caso se puede tener en cuenta todo el camino del insumo, desde su producción hasta su uso, o también las emisiones, a partir que dicho insumo llegó al punto de consumo.

Tomado este último criterio, los valores de las emisiones se pueden calcular bien, además, este trabajo lo hace regularmente el Ministerio de Energía y Minería de la Nación y es parte de los compromisos nacionales con distintos acuerdos internacionales, entre ellos la Convención de Cambio Climático, COP21. Los valores oficiales obtenidos del informe de Cálculo del Factor de Emisión de CO<sub>2</sub>, de la Red Argentina de Energía Eléctrica, [4] se resumen en la Tabla 1.

Argentina	Generación Eléctrica 2105	Participación	Emisiones g(CO <sub>2</sub> )/kWh	FCIE (emisiones)	FCIE (Eficiencia)
	TWh	Año 2015			
Térmica	85,9	63,4%	532	2,97	
Import	1,7	1,2%	532	2,97	
Hidr.	41,5	30,6%			
Nuclear	6,5	4,8%			
Total Eléctrica	135,6	100,0%	344	1,92	1,83
Gas Nat.			179,3	1,00	1,00

**Generación Eléctrica RA 2015**



**Tabla 1:** Emisiones de los distintos componentes de la matriz eléctrica Argentina para el año 2015. [4]

Por su parte, los valores de emisiones de combustión y generación eléctrica de los principales combustibles de relevancia para el sector residencial, se resumen en la Tabla 2 y en la Figura 1.

<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> por unidad de energía (kWh)</b>				
	g(CO <sub>2</sub> /kWh)	Factor de Emisión	Nota	Eficiencia global
<b>Gas Natural</b>	<b>179</b>	<b>1,00</b>	<b>Combustión</b>	<b>1,00</b>
<b>GLP</b>	<b>217</b>	<b>1,21</b>	<b>Combustión</b>	
<b>Gasolina</b>	<b>249</b>	<b>1,39</b>	<b>Combustión</b>	
<b>Petróleo</b>	<b>264</b>	<b>1,47</b>	<b>Combustión</b>	
<b>Gasoil</b>	<b>303</b>	<b>1,69</b>	<b>Combustión</b>	
<b>Carbón</b>	<b>350</b>	<b>1,95</b>	<b>Combustión</b>	
<b>Leña (#)</b>	<b>400</b>	<b>2,23</b>	<b>Combustión</b>	
<b>Electr. (RA)</b>	<b>343</b>	<b>1,92</b>	<b>Electric.</b>	<b>1,83</b>
<b>Electr. (GN+CC)</b>	<b>316</b>	<b>1,77</b>	<b>Electric.</b>	
<b>Electr. (Térmica)</b>	<b>530</b>	<b>2,96</b>	<b>Electric.</b>	
<b>Electr. (Carb)</b>	<b>1000</b>	<b>5,58</b>	<b>Electric.</b>	

**Tabla 2:** Emisiones de los distintos insumos energéticos según sus emisiones de CO<sub>2</sub>, en Argentina. Los valores de emisión de los primeros seis vectores energéticos, se refieren a su combustión como combustibles. Los tres último en cambio, se refieren a las emisiones por kWh de energía eléctrica. Electr. (GN+CC) se refiere a la electricidad generada por centrales de Ciclo Combinado a gas natural. Electr. (RA) es el valor medio de emisiones de la electricidad con la matriz de generación de Argentina en el año 2016. Electr. (Carb) se refiere a las emisiones con una central eléctrica de carbón. (#) En el caso de la leña, el valor de los factores de emisión varían con el tipo de leña entre 380 a 430 g(CO<sub>2</sub>)/kWh. Sin embargo, si se tiene en cuenta su ciclo de vida, es previsible que este valor podría ser menor. Pero no hay un consenso en este punto. [6] [7] El valor tan alto que aparece aquí, está relacionado con sus emisiones y su bajo poder calorífico, y que no se considera el reemplazo de esta leña por una nueva planta.

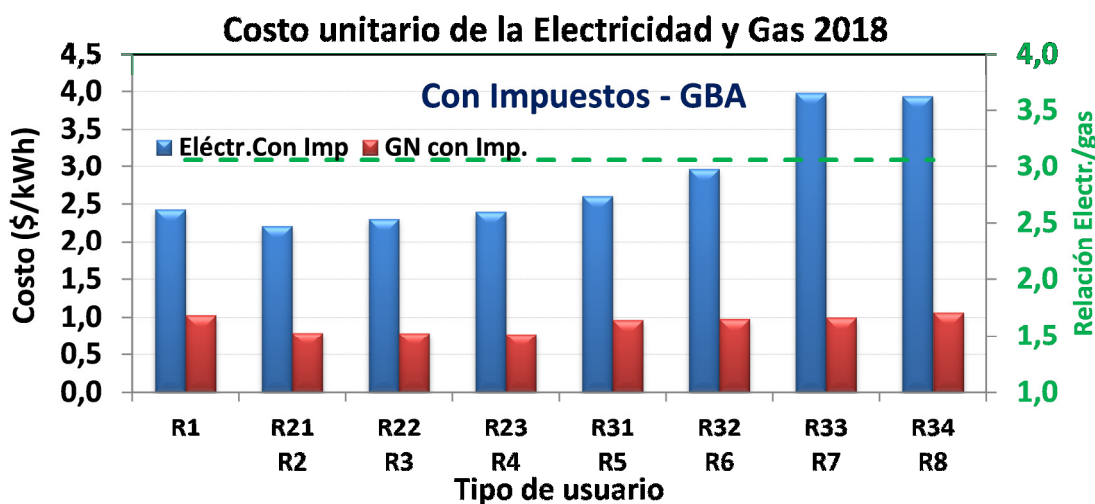
Es interesante notar, que los FCIE obtenidos para el gas natural y la electricidad total a partir de las emisiones y de la eficiencia global, (Tabla 11, Apéndice A) son muy similares. Además, preservan en parte la relación de precio de la electricidad respecto del gas, que

discutimos en la próxima sección. Por lo tanto, podría resultar conveniente utilizar como fuente para calcular los valores de FCIE obtenido de las emisiones. Si con el tiempo, la matriz eléctrica evoluciona hacia fuentes más limpias, este valor irá acompañando esta evolución.

Dado las similitudes, resulta conveniente adoptar como referencia los valores de los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> que se realizan anualmente por el Ministerio de Energía y minería de la Nación. [4]

#### 4) COSTO DE LOS INSUMOS ENERGÉTICOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

No es fácil comparar los costos del gas y la electricidad en Argentina, por una parte, hay 8 categorías de usuarios residenciales (R1, R21, ..., R34), cada uno con un costo unitario del gas y un cargo fijo diferente. En el caso eléctrico, hay 9 categorías de usuarios (R1, R2, ..., R9) también con distinto costo unitario de la energía eléctrica y distintos cargos fijos. Además, en ambos servicios hay subsidios sociales diferentes y las tarifas varían entre las distintas subzonas tarifarias del país. Sin embargo, si homologamos las primeras 8 categorías de usuarios residenciales de gas con las 8 primeras categorías de usuarios eléctricos, y se comparan los costos de gas y electricidad para los usuarios residenciales de la CABA se obtiene la Figura 4, donde se muestra el costo en pesos por kWh de energía (gas y electricidad) con las nuevas tarifas vigentes a partir de marzo de 2018. Para obtener el costo efectivo del kWh (m<sup>3</sup> en el caso del gas natural), se calcula para cada segmento de usuario un consumo medio mensual o bimestral, igual al promedio de los valores mínimos y máximos que definen este segmento de consumo de usuario o categoría. Con este consumo medio de cada categoría, calculamos el costo de la energía y le agregamos el cargo fijo correspondiente. A este valor pueden agregarse los respectivos impuestos. Al resultado final de costo medio de la factura de cada categoría, lo dividimos por el consumo medio esta categoría. De este modo obtenemos los costos efectivos de la unidad energética, para cada categoría de usuarios, que se representa en la Figura 4.



**Figura 4.** Costo de los insumos gas y electricidad en \$/kWh en el Gran Buenos Aires (GBA) a partir de marzo de 2018, para los distintos tipos de usuarios residenciales de gas y de electricidad respectivamente, en estos costos se incluye el valor de los cargos fijos y suponiendo un consumo medio igual al promedio entre el máximo y el mínimo que definen cada categoría de usuario. En este gráfico se incluyeron los impuestos (con Imp.) de 27% para el gas y 30% para la electricidad. Los usuarios de gas tienen una designación de dos dígitos: R1, R21, etc., mientras que los eléctricos de un solo dígito, de R1 a R9. La relación del costo del kWh eléctrico respecto del gas, se indica en el eje vertical derecho cuyo promedio se indica por la línea de trazos verde.

Un hecho interesante es que la relación del costo de la electricidad a gas para la misma unidad de energía, en todas las categorías varía entre 2,4 y 3,7, siendo el promedio aproximadamente 3 que se indica con la línea verde de la Figura 4. Esta variación de precios es razonable, como dijimos se necesita por lo menos 2 unidades de energía de gas para generar

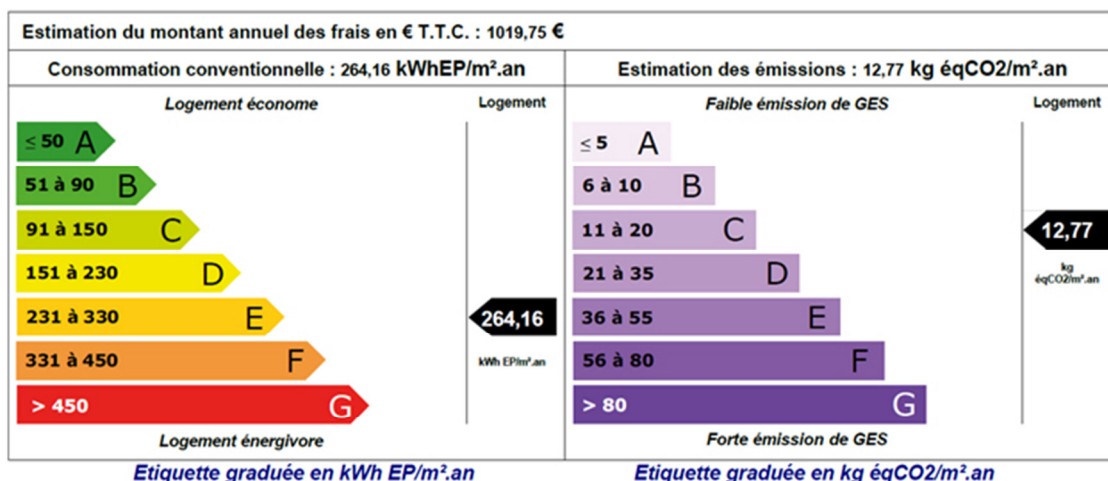
una unidad de energía eléctrica. Además, en este costo se debe incluir la amortización de la central eléctrica. Si se tiene en cuenta que muchas centrales eléctricas térmicas, usan combustibles más caros que el gas que en general tiene menor eficiencia de generación, es claro que el costo de una dada unidad de electricidad en Argentina debe ser bastante mayor que el del gas, ya que como dijimos, cerca del 60% de la electricidad en este país se obtiene del gas natural. Sin embargo, el costo relativo de la electricidad y el gas en Argentina depende de decisiones políticas que hacen que esta relación pueda variar en un amplio rango. De hecho con el esquema tarifario vigente en 2017, esta relación en el GBA era cercana a 2.

Como se señaló previamente, si el valor de la eficiencia que se usa para etiquetar los artefactos, no tiene en cuenta el mayor costo de la electricidad, la eficiencia mostrada en la etiqueta no da una correcta indicación de los costos de mantenimiento del equipo, que es un parámetro fundamental para condicionar la decisión de compra del usuario. Esto es particularmente grave cuando se comparan equipos que se usan para brindar un mismo servicio (cocción, ACS, calefacción, etc.) usando distintos insumos energéticos.

Vemos así, que el etiquetado actual *no refleja un aspecto importante para el usuario, como es el costo mensual de mantenimiento de su equipo*. Dado que esta es una de las principales preocupaciones de los usuarios, junto a sus emisiones de GEI, una etiqueta que no refleje estos hechos genera decepción en los usuarios y disminuye su confianza en este tipo de indicador de eficiencia. Por los tanto, creemos que es imprescindible que el sistema de etiquetado de eficiencia energética, incluya estos factores de conversión de insumos energéticos, que complementen el etiquetado actual. Lo que refuerza la necesidad de incluir algún tipo de factor de corrección energética para comparar las eficiencias de equipos que usan distintos tipos de vectores energéticos. Si bien es necesario generar un indicador que refleje el costo de los distintos insumos energéticos, no sería aconsejable utilizar los precios de la energía para diseñar un sistema de etiquetado. Esto se debe en parte a que los precios, son un reflejo de compromisos políticos que pueden variar en forma poco predecibles, haciendo que el sistema de etiquetado se desactualice imprevistamente.

En ese sentido, adoptar un sistema de señalamiento basado en las emisiones, puede ser más robusto y objetivo. Dado que la relación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, entre la energía eléctrica en Argentina y el gas natural, que como se ve en la Tabla 2, en la línea de Eléctr. (RA) es de 1,92. Al utilizar un valor así para los FCIE, de algún modo este indicador incluiría una parte importante de la variación de precios de estos insumos.

Una alternativa interesante sería complementar el actual etiquetado de eficiencia, referido a la energía final, con un segundo etiquetado, como existe en varios países, que refleje las emisiones de CO<sub>2</sub> para la prestación de un mismo servicio. Un sistema así, ya se usa en varios países de Europa como se ilustra en la figura 5. Lo interesante de esta etiqueta de emisiones, es que como señalamos en el párrafo anterior, guarda una muy cercana correspondencia con los costos de la energía. Así, esta segunda etiqueta reflejaría más adecuadamente ambas características, las emisiones de CO<sub>2</sub> y el costo del insumo energético.



**Figura 5** Etiquetado de eficiencia energética y de emisiones de CO<sub>2</sub> usado en Francia y varios países de Europa. [20] A la izquierda se muestra los consumos de energía primaria en kWh/m<sup>2</sup>.año, (kWhEP = kilowatt/heure d'énergie primaire) A la derecha se muestra la etiqueta de las emisiones de CO<sub>2</sub>, en kg(CO<sub>2</sub>)/m<sup>2</sup>.año para una vivienda.

## 5) DISCUSIÓN

El avance logrado en Argentina, en el etiquetado de eficiencia energética en la última década ha sido muy importante y significativo. Por lo tanto, se requiere preservar los avances logrados hasta aquí, a la par de generar nuevos indicadores de eficiencia que puedan aportar más información a los usuarios a la hora de elegir sus productos de usos doméstico en cuanto a dos características importantes, costo de la energía y emisiones de CO<sub>2</sub>. Es importante que la etiqueta de eficiencia, además de informar sobre los valores de eficiencia energética del insumo final de energía, oriente al usuario en el nivel de gasto monetario como así también de las emisiones de los equipos. Como se vio más arriba, el costo de mantenimiento energético, es aproximadamente proporcional a las emisiones. Por otra parte, existe también una cercana correspondencia entre los *Factores de Comparación de Insumos Energéticos* (FCIE) provenientes del análisis de eficiencia global (última columna Tabla 2 y Apéndice A) y los obtenidos de las relaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> de los distintos insumos energéticos, principalmente los dos más importantes: gas natural y electricidad. Por ellos, resulta aconsejable tomar como referencia los FCIE basado en las emisiones de CO<sub>2</sub> de los distintos insumos energéticos, ya que de este modo se tendrían en cuenta varios aspectos importantes, que actualmente están ausentes en nuestro sistema de etiquetado: Emisiones de GEI, costo de los insumos, y eficiencia global en el uso de energía primaria.

Los valores que se asignan a los FCIE tienen un impacto muy significativo en el desarrollo de nuevas tecnologías más eficientes. Por ejemplo, en el Procedimiento de Cálculo de Factores de Prestaciones Energéticas usado en la Provincia de Santa Fe, [1] y también en la nueva norma IRAM 11900 proponen los siguientes factores de conversión,  $f_p$ , que permite calcular el consumo de energía primaria a partir de la energía final:  $E_{primario} = E_{final} \times f_p$  o también:  $Eficiencia_{Efectiva} = Eficiencia_{energía\_final} / f_p$ .

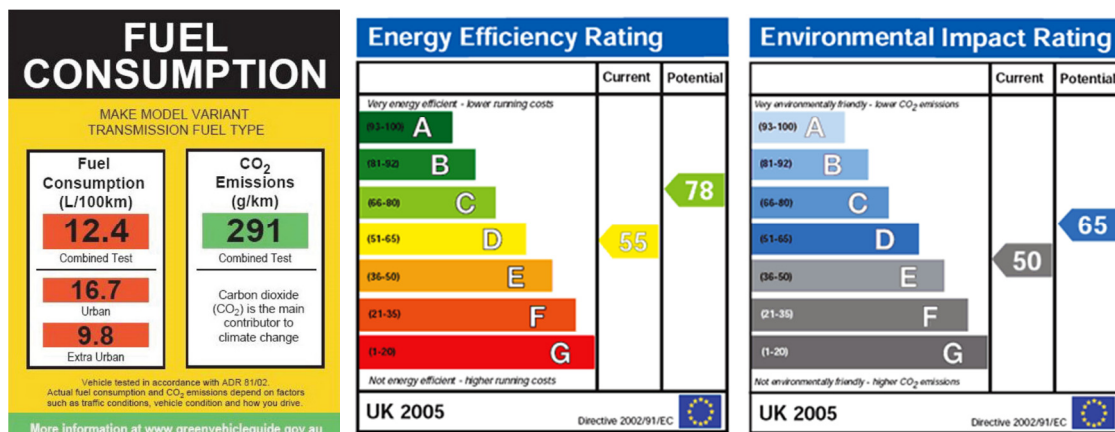
Vector Energético	$f_p$	$f_{p\_relativo}$
Gas Natural por Redes	1,25	1,00
Gas Licuado de Petróleo (GLP)	1,10	0,88
Electricidad	3,30	2,64
Carbón de Leña	1,60	1,28

**Tabla 3:** Factores de Prestaciones Energéticas usado en la provincia de Santa Fe. [1]

Una dificultad de estos valores es que por ejemplo, una cocina a gas natural clase A en el etiquetado de eficiencia energética tiene una eficiencia típicamente del 50% comparada con una cocina de inducción clase A de eficiencia del 82%, según esta asignación, Tabla 3, resultaría que la eficiencia de la cocina de gas natural quedaría en 40% y la de inducción en 25%. Algo similar ocurriría con una comparación de una estufa a leña a tiro abierto, eficiencia 100%, una estufa de tiro balanceado (TB) a gas natural (70%) y una bomba de calor con eficiencia final de 220%, con los factores de la Tabla 3, las eficiencias relativas serían: leña 62%, gas natural de TB 56% y la bomba de calor 66%! ¡Con lo que la diferencia entre una estufa a leña y una bomba de calor sería casi equivalentes! En el calentamiento de agua, un termotanque moderno con bomba de calor tiene una eficiencia de 220% y un calefón a gas 80%, con los coeficientes de la Tabla 3, los resultados serían: 66% y 64%, respectivamente, con los que los incentivos a mejoras se verían fuertemente inhibidos o aún anulados. La razón de realizar esta comparación, es ilustrar la necesidad de revisar la normativa actual como se definen los Factores de Prestaciones Energéticas adoptados por la Provincia de Santa Fe y que se proponen para el etiquetado de viviendas actuales, norma IRAM 11900. Creemos que es necesario lograr una escala racional que refleje los aspectos importantes que el usuario debe tener en cuenta a la hora de adquirir un artefacto, costo y cuidado del medio ambiente, pero sin inhibir el desarrollo tecnológico en busca de desarrollar equipos cada vez más eficientes.

	<b>Eficiencia Energía Final</b>	<b>Con Factores de Prestaciones Energéticas Prov. de Santa Fe</b>	<b>Con FCIE basado en emisiones de CO<sub>2</sub></b>
		<b>Tabla 3 Columna 2</b>	<b>Tabla 2 Columna 3</b>
<b>Cocina Clase A a GN</b>	<b>50%</b>	<b>40%</b>	<b>50%</b>
<b>Cocina a inducción eléctrica</b>	<b>82%</b>	<b>25%</b>	<b>37%</b>
<b>Cocina con resistencia eléctrica</b>	<b>60%</b>	<b>18%</b>	<b>31%</b>
<b>Calefón Clase A a GN</b>	<b>82%</b>	<b>66%</b>	<b>82%</b>
<b>Temotanque con Bomba de calor</b>	<b>220%</b>	<b>67%</b>	<b>99%</b>
<b>Calefactor leña</b>	<b>100%</b>	<b>63%</b>	<b>45%</b>
<b>Estufa con resistencia eléctrica</b>	<b>100%</b>	<b>30%</b>	<b>52%</b>
<b>Calefactor a GN Tiro Balanceado</b>	<b>70%</b>	<b>56%</b>	<b>70%</b>
<b>Calefactores con Bomba de Calor</b>	<b>270%</b>	<b>82%</b>	<b>141%</b>

**Tabla 4:** Variación de la eficiencia de energía final, segunda columna, usando los índices de prestaciones energéticas de la Prov. de Santa Fe (segunda columna de la Tabla 3) y las obtenidas con los FCIE de las emisiones de CO<sub>2</sub> (tercera columna de la Tabla 2). Como se ve, en la tercera columna de la presente tabla, los valores de las eficiencias obtenidas preservan el orden de los avances tecnológicos sin distorsiones.



**Figura 6.** Doble etiquetado de eficiencia energética y de emisiones de CO<sub>2</sub> usado en Australia para vehículos (izquierda) y doble etiquetado de viviendas en el Reino Unido (UK), a la derecha. En ambos casos, además de los consumo de energía se indican las emisiones de CO<sub>2</sub>, en g(CO<sub>2</sub>) por km en el primer caso y en una escala arbitraria de 1 a 100 en el segundo (donde 100 es mejor que 1)

En este momento, en el país estamos en una situación afortunada, ya que si a la etiqueta de eficiencia actual, basada en las energías finales, se le suma una segunda de emisiones, de modo similar a como se hace en la Comunidad Europea, Reino Unido y otros países, ver Figuras 5 y 6, podríamos capitalizar el trabajo y la experiencia acumulada en estos años, a la par de brindar una mejora sustancial en la calidad de información que la etiqueta puede brindar. La segunda etiqueta, debería estar referida a las emisiones de CO<sub>2</sub>, y como se discutió más arriba, Tabla 2, daría una idea más cercana del costo económico de mantenimiento de los equipos hogareños y su reducción a energía primaria.

## 6) CONCLUSIONES

El etiquetado de eficiencia energética, que se usa actualmente, basado en el uso de energía final, no brinda a los usuarios una información completa de los potenciales ahorros económicos que se pueden lograr mediante el uso de equipos más eficientes, y es posible que algunos equipos registrados como más eficientes, usen más energía primaria y generan más emisiones de gases efecto invernadero que otro de menor eficiencia. Además, existen muchos artefactos que pueden usar distintos vectores o insumos energéticos y no hay pautas claras para comparar los distintos tipos de equipos que prestan un mismo servicio. El sistema de etiquetado, tal como está vigente, tiende a aumentar en forma exagerada el uso de artefactos electro intensivos, que promueven un mayor consumo de este insumo. Dada la fragilidad del sistema eléctrico nacional, ponen en serio riesgo su normal suministro. Por otra parte, si se usan factores de corrección inadecuados, como los que actualmente se están incorporando a algunas normas y reglamentaciones, se puede generar una fuerte inhibición al desarrollo tecnológico en equipos más eficientes. Por lo tanto, urge la necesidad de tener Factores de Comparación de Insumos Energéticos (FCIE) que por una parte indique mejor el consumo de energía primaria que los equipos usan, refleje el costo económico de mantenimiento de los equipos y el impacto ambiental de su uso.

En ese sentido el punto de vista de calcular los FCIE a partir de las emisiones de CO<sub>2</sub>, de los respectivos insumos utilizados, es más claro y carente de ambigüedades. Dado los FCIE obtenido de emisiones de CO<sub>2</sub>, guarda una buena correlación y correspondencia con la cantidad de energía primaria empleada y el costo de la energía, resulta conveniente su utilización como elemento complementario e indicador de eficiencia. Por otro lado, los cálculos de emisiones de CO<sub>2</sub> son bien conocidos y hay consenso sobre su valor. Además, como se vio en este trabajo, estas emisiones reflejan mejor los costos económicos de mantenimiento energéticos de los equipos.

El esquema propuesto consistiría en preservar el etiquetado de eficiencia energético de energía final ya vigente, e incluir un segundo etiquetado, que refleje las emisiones de CO<sub>2</sub>

asociado con su uso. De este modo, esta segunda etiqueta sería un indicador no solo de las emisiones del equipo, sino también de su costo económico de mantenimiento. Así los usuarios podrían elegir mejor aquellos artefactos que además de generar menores emisiones, son los más convenientes para la economía familiar.

Agradecemos a varios colegas del ENARGAS. En particular agradecemos a: Enrique Bezzo, Roberto Prieto, Juan Cáceres Pacheco, Marcelo Lezama y Carlos Tanides por sus valiosos aportes y sugerencias.

## Apéndice A - Eficiencia del ciclo de gas natural y la electricidad

En este apéndice, que tiene la intención de ser ilustrativo de la metodología de análisis para estimar la eficiencia del gas y la electricidad, desde su extracción de los combustibles (gas natural) hasta que llega al usuario. La cadena de transformación, transporte y distribución, se esquematiza en la Figura 3. Sin embargo, para simplificar, en esta sección se tomará como punto de partida, el instante cuando el combustible se encuentra en la superficie (sin contar la energía utilizada para la extracción de dichos energéticos). Desde luego, para un análisis de ciclo de vida, es necesario considerar todas estas etapas, pero dicho análisis está más allá del alcance del presente estudio. [3] Asimismo, para un análisis más detallado, sería necesario tener en cuenta las emisiones que se producen en toda la cadena de extracción de todos los combustibles y los posibles escapes de GEI, en particular metano, que tiene un impacto ambiental muy significativo, pero que en este análisis no se está teniendo en cuenta. En un análisis de ciclo de vida es importante conocer la eficiencia de todas las etapas, incluyendo la eficiencia de extracción, transporte, distribución y uso final. Sin embargo, en la práctica, hay mucha incertidumbre en la determinación de las eficiencias en el proceso de extracción del gas, ya que cada pozo tiene una eficiencia diferente, lo que genera grandes incertezas que hacen que su utilidad para generar coeficientes que puedan tener cierta perdurabilidad en el tiempo sea muy limitada.

### Aproximación al problema

Como es natural, existen distintas aproximaciones al problema de determinación de eficiencias de los distintos insumos energéticos. Algunos de ellos se describen a continuación:

En esta aproximación, se contemplan todas las pérdidas de energía involucradas para un determinado uso, por ejemplo, el calentamiento de agua. El consumo de energía en la minería de gas natural o el petróleo<sup>††</sup> varía de lugar a lugar y con el tiempo, ya que las metodologías de extracción son dinámicas y cambiantes de acuerdo a la naturaleza de los pozos. Dada la complejidad de los resulta conveniente para este análisis tomar como punto de partida en instante en que el insumo primario, gas natural, o petróleo, está fuera de su yacimiento y listo para ser acondicionado para ser transportado. Algo parecido ocurre en la minería de carbón o uranio.

Dicho esto, se tomará como punto de partida, el momento cuando el combustible se encuentra en la superficie (sin contar la energía utilizada para la extracción de dicho energético).

**Eficiencia del ciclo de gas natural nacional:** el gas crudo de pozo necesita ser acondicionado para que pueda ser transportado a los centros de consumo, ya que algunos componentes pesados se pueden licuar, generando serias dificultades en las turbinas de las plantas compresoras, que no pueden

---

<sup>††</sup> Utilizados para la generación de electricidad.

operar con líquidos. Por este motivo es necesario controlar y regular las propiedades fisicoquímicas del gas en plantas de acondicionamiento, conforme a las especificaciones necesarias para su transporte y distribución.

Asimismo, en general hay un consumo de energía en las plantas de acondicionamiento, cuyo valor es del orden del 7% [2], con lo que  $\eta_l \approx 93\%$ . La eficiencia de transporte de gas natural en Argentina es del orden de  $\sim 97\%$  (vía gasoducto), por su parte la eficiencia de distribución es  $\sim 95\%$ . [8] [4]

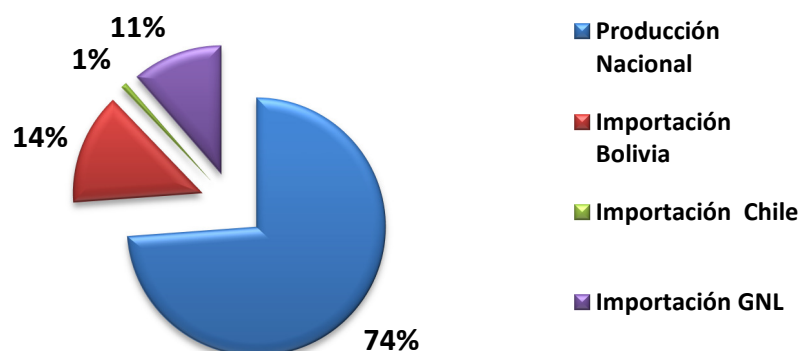
El gas natural de red no es transformado a otro tipo de energía para su utilización, como si lo es en la generación de electricidad, por lo tanto, no existe una pérdida relacionada a algún proceso de transformación.

Considerando lo dicho, la eficiencia  $\eta_{gas}$  del gas natural de producción nacional es **85,7%**, como se indica en la Tabla 4.

Acondicionamiento del gas natural $\eta_1$	Transporte del gas natural (gasoducto) $\eta_2$	Distribución del gas natural (redes de gas) $\eta_3$	Final $\eta_{Tot}$
93%	97%	95%	85,7%

**Tabla 4:** Ciclo de eficiencia de gas natural de producción nacional antes del uso final.

**Eficiencia del gas natural Importado:** En Argentina se importa prácticamente 26% [4] [5] [6] del total consumido. Ver Figura 7. Se utilizan dos metodologías para la importación de gas natural, gasoducto o buque de gas natural licuado (GNL). Cada una de estas vías de importación tiene una eficiencia asociada diferente.



**Figura 7.:** Consumo Gas Natural Argentina (2016). Elaboración propia, Fuente: [4], [5] y [6].

El GNL antes de ser regasificado en Argentina tiene asociados varias pérdidas. Al licuar el gas se reduce su volumen 600 veces, pero el proceso de licuefacción tiene un rendimiento final de entre 80-85% [7] [8]. Luego, el líquido es inyectado dentro de tanques criogénicos en barcos metaneros. En dichos recipientes el gas licuado se evapora a una tasa aproximadamente del 0,15% del volumen del líquido existente en el tanque por día [9], en general este gas se usa para impulsar los buques. Para un viaje de unos 30 días de duración (lo habitual para nuestro país), se pierde aproximadamente el 4 % de la carga total. Casi la mitad del gas importado proviene de la regasificación GNL. En la Tabla 5 se resume este proceso.

Acondicionamiento de gas natural $\eta_1$	Licuefacción de gas natural $\eta_2$	Transporte de gas natural (buque) $\eta_3$	Transporte de gas natural (gasoducto) $\eta_4$	Distribución de gas natural (redes de gas) $\eta_5$	Final $\eta_{Tot}$
92,6%	82,5%	96%	97%	95%	<b>67,6%</b>

**Tabla 5:** Ciclo de eficiencia del GNL importado antes del uso final.

En lo que refiere al gas importado por gasoducto de Bolivia, se tiene en cuenta tanto el transporte de ese gas hasta la frontera como las pérdidas asociadas al acondicionamiento de dicho gas.<sup>‡‡</sup> En la Tabla 5 se resume este proceso.

Acondicionamiento de gas natural $\eta_1$	Transporte hasta la frontera (gasoducto) $\eta_2$	Transporte en red nacional (gasoducto) $\eta_3$	Distribución de gas natural (redes de gas) $\eta_4$	Final $\eta_{Tot}$
92,6%	97%	97%	95%	<b>82,8%</b>

**Tabla 6:** Ciclo de eficiencia del gas natural importado de Bolivia antes del uso final.

La eficiencia general  $\eta_{Tot}$  para del ciclo de gas natural del gas natural proveniente de Bolivia, hasta el punto de ingreso al usuario final es 82,8%.

Chile exportó a nuestro país, vía gasoductos trasandinos, gas natural proveniente de sus plantas de regasificación. Para el gas natural proveniente de éste país, además de tener en cuenta las pérdidas del transporte por gasoducto, se deben considerar los gastos de energía para la licuefacción del gas junto con su transporte marítimo<sup>§§</sup>. En la Tabla 7 se resume este proceso.

Acondicionamiento de gas natural $\eta_1$	Licuefacción de gas natural $\eta_2$	Transporte de gas natural (buque) $\eta_3$	Transporte de gas natural hasta la frontera (gasoducto) $\eta_4$	Transporte de gas natural (gasoducto) $\eta_5$	Distribución de gas natural (redes de gas) $\eta_6$	Final $\eta_{Tot}$
92,6%	82,5%	96%	97%	97%	95%	<b>65,6%</b>

**Tabla 7:** Ciclo de eficiencia del gas natural importado de Chile antes del uso final.

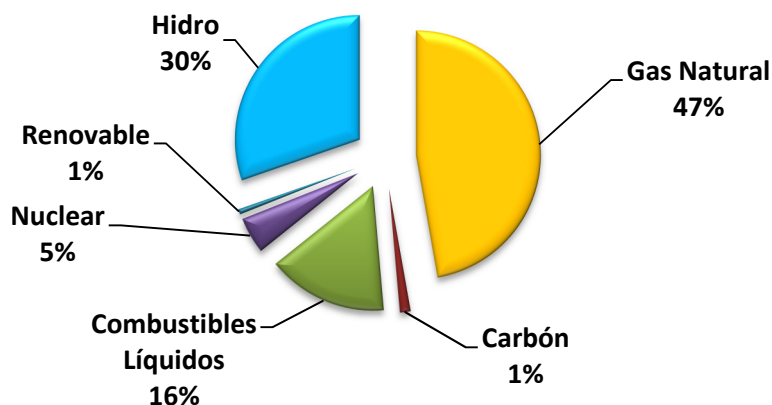
Combinando, la fracción de gas proveniente de las distintas fuentes, en promedio la eficiencia de total, hasta llegar a nuestros hogares es: **83%**, por otra parte. La eficiencia total, hasta un *Citygate* promedio, excluyendo la distribución, la eficiencia es: **87%**. Para el gas de producción nacional, esta eficiencia es del **90%**.

## Eficiencia del Ciclo de la Electricidad

El parque de generación eléctrica Argentina utiliza gas natural como combustible fósil principal, seguido por los combustibles líquidos (fueloil y diésel). Ver Figura 7. Estos últimos son elaborados en refinerías a base de crudo pesado con una pérdida asociada a dicho proceso, que aproximadamente es del 18% (Valor referido a las pérdidas de la Refinería San Lorenzo, una de las más importantes del Argentina) [10]. En Estados Unidos la eficiencia en las refinerías para la generación de diésel es de 86,7%, aunque se tomará el caso argentino antes mencionado para realizar los cálculos [16].

<sup>‡‡</sup> Se supondrá 3% igual que la del transporte en Argentina. Fuente: [3, 4].

<sup>§§</sup> Para el Gas Natural chileno se considerará para calcular las pérdidas: El acondicionamiento del gas, la licuefacción, el transporte en buque y el transporte vía gasoducto (Se supondrán pérdidas de para el transporte de 3%, similares a las de Argentina).



**Figura 8:** Fuentes de energía para la generación eléctrica (2015). Elaboración propia, fuente: CAMMESA.

Otras tecnologías usadas en la generación eléctrica son la nuclear, hidráulica, las nuevas renovables y el carbón. En el proceso de enriquecimiento de Uranio 235 para las centrales nucleares, es relativamente modesta, equivale a 0,0002% del total de la energía almacenada en el combustible (que es utilizado para la generación). El carbón a diferencia del resto de los combustibles, en la mayoría de los casos no necesita ser procesado, saliendo directo de la mina para ser empleado (no se considera energía utilizada para la adecuación del carbón).

Los recursos hídricos y renovables<sup>\*\*\*</sup>, por su parte, tampoco requieren de alguna preparación específica.

Una vez producidos los combustibles para utilizarse en las usinas eléctricas, estos deben ser transportados a las mismas, con pérdidas relativas a dicho proceso. En el caso del gas natural, se tomará el rendimiento calculado previamente para el ciclo total sin contar la energía usada en la distribución (solamente transporte)<sup>†††</sup>. Los líquidos por su parte, en su transporte tienen pérdidas del orden de 7,9% hasta el punto de uso<sup>‡‡‡</sup> [17]. Para el carbón no se incluirá este valor por falta de información. Además, la central de mayor importancia (la de San Nicolás), utiliza principalmente fueloil o gas natural para su funcionamiento.

Refinería/acondicionamiento $\eta$	Transporte a punto de uso (camión) $\eta$	Final (antes de la generación) $\eta$
82%	92,1%	75,5%

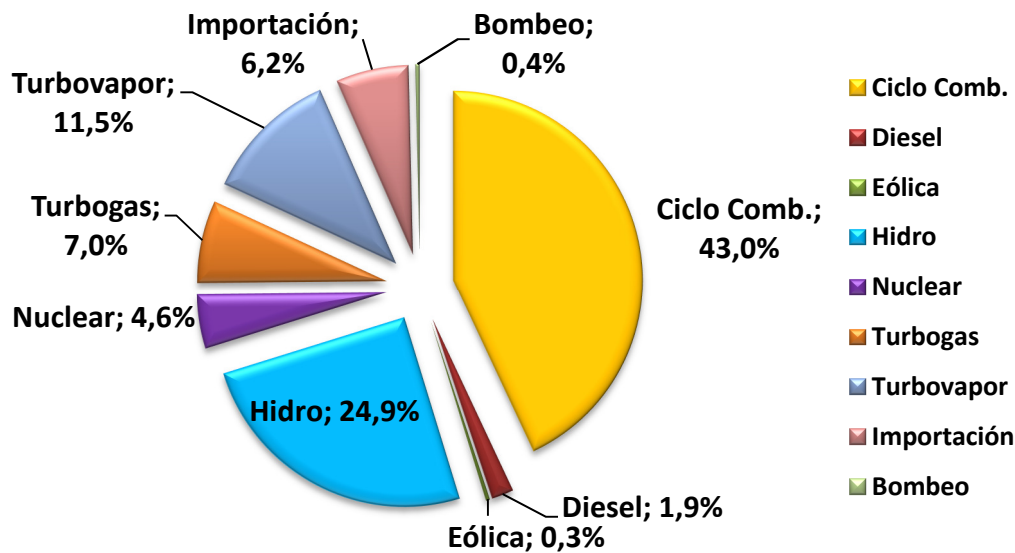
**Tabla 8:** Ciclo de eficiencia de los combustibles líquidos antes de la generación.

La Figura 9 muestra la heterogeneidad de fuentes de generación eléctrica del parque argentino, en donde se destacan con casi el 70% de la generación, los ciclos combinados y las hidráulicas. Cada tecnología de producción de electricidad tiene una eficiencia de conversión específica constitutivo a su tipo.

<sup>\*\*\*</sup> Teniendo en cuenta la energía eólico y solar que son las dos principales y responsables de casi el 100% de la generación renovable.

<sup>†††</sup> No se tendrán en cuenta las pérdidas asociadas al transporte de Carbón (No hay información disponible sobre el asunto y su impacto es insignificante, ya que representa el 1% de las fuentes de energía primaria).

<sup>‡‡‡</sup> Este valor representa las pérdidas de energía en el transporte de derivados del petróleo en Estados Unidos, vía camiones cisterna.



**Figura 9:** Generación eléctrica argentina por tecnología usada (2013). Elaboración propia, fuente: [18], [5].

Tecnologías	Ciclo Combinado	Diésel	Hidráulica	Nuclear	Turbo gas	Turbo vapor
% Eficiencia	55,8% [19]	30% [17]	90% [18]	33% [19]	37,8% [19]	37% [20]

**Tabla 8:** Eficiencia nominal de las tecnologías principales de generación.

La transmisión de electricidad desde las usinas eléctricas hacia las distribuidoras, tiene costos energéticos. Un estudio de la Cámara Argentina de la Construcción (CAMARCO) indica que el 4% [24] de la energía eléctrica generada se disipa en su transporte hasta la distribución.

En las redes de distribución, el rendimiento para el transporte de la electricidad hasta los usuarios residenciales (a menores distancias), es inclusive más bajo que en la transmisión. La distribuidora Edenor, ubicada en el noreste de la provincia de Buenos Aires, aproximadamente 7% [22] de la energía que compra se disipará en las líneas. Se tomará esta licenciataria como referencia de eficiencia de distribución para la provincia de Buenos Aires. En consiguiente la eficiencia  $\eta_{TYD}$  de la electricidad es **89,3%**.

Tomando los rendimientos expuestos con anterioridad se obtiene la eficiencia  $\eta_{EP}$  para los dispositivos o tecnologías eléctricas de 45%. Ver Tabla 7.

Producción y Transporte de combustibles hasta usinas $\eta$	Generación eléctrica en usinas $\eta$	Transporte Electricidad (líneas de alta tensión) $\eta$	Distribución Electricidad (líneas de media y baja tensión) $\eta$	Final $\eta$
90%	55,8%	96%	93%	<b>45%</b>

**Tabla 9:** Ciclo de eficiencia de la electricidad antes del uso final.

## Eficiencia hasta citygate

Cuando se compara las eficiencias relativas de gas y electricidad, un enfoque útil es considerar que las alternativas en competencia son básicamente dos:

- 1) Usar directamente el gas por redes

- 2) El gas que llega a Citygate se lo inyecta en una usina de Ciclo Combinado (CC) y luego se distribuye esta electricidad.

En este enfoque, la eficiencia de transporte y acondicionamiento del gas es igual para los dos casos, con lo que las eficiencias en juego se resumen en la Tabla 10.

Citygate	Conversión eléctrica en usinas de CC $\eta_{CC}$	Distribución Electricidad (líneas de media y baja tensión) $\eta$	Final $\eta_{CG}$	Razón
<b>Electricidad</b>	55,8%	93%	<b>51,9%</b>	<b>1,82</b>
<b>Gas Nat. Redes</b>	No aplica	95%	<b>95%</b>	<b>1</b>

**Tabla 10:** Ciclo de eficiencia de la electricidad y gas natural por redes, a partir de Citigate.

El enfoque *Citygate* contempla las tecnologías más modernas y eficientes instauradas en el ciclo de cada energético. Esta perspectiva a pesar de no ser representativa de la realidad, ya que no contempla la totalidad de los mecanismos de pérdidas de energía que se discute más abajo, es la preferible para tomar la decisión sobre la forma de pesar los distintos insumos energéticos, gas natural y electricidad a utilizar en el sector residencial.

## REFERENCIAS

- [1] Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe, «PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS,» Rosario, Santa Fe, 2016.
- [2] Energy Star del U.S.Environmental Protection Agency, «<https://www.epa.gov>,» 15 2 2018. [En línea]. Available: <https://portfoliomanager.zendesk.com/hc/en-us/articles/216670148-What-are-the-Site-to-Source-Conversion-Factors->. [Último acceso: 2 2018].
- [3] A. Esser y A. Sensfuss, «Review of the default primary energy factor (PEF),» [www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de), 2016.
- [4] Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, «Balance Energético Nacional,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>.
- [5] Wikipedia, «Ciclo de vida del producto,» enero 2018. [En línea]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_de\\_vida\\_del\\_producto](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_vida_del_producto). [Último acceso: 2018].
- [6] M. Wang, «Estimation of Energy Efficiencies of U.S. Petroleum Refineries,» Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, March, 2008.
- [7] CAMMESA, «CAMMESA,» 2017. [En línea]. Available: [www.cammesa.com](http://www.cammesa.com).
- [8] C. Hall, J. Gail Lambert y S. Balogh, «EROI of different fuels and the implications for society,» *Energy Policy*, vol. 64, pp. 141-152, January 2014.
- [9] Ministerio de Energía y Minería, «[www.minem.gob.ar](http://www.minem.gob.ar),» 2017. [En línea].
- [10] J. Topolski y J. Badur, «Comparison of the combined cycle efficiencies with different heat recovery steam generators,» *TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW MACHINERY*, vol. 111, pp. 5-16, 2002.
- [11] Sustainable Energy Foundation (SHAKTI) , «Diesel Generators: Improving Efficiency and Emission Performance in India,» 2014.
- [12] U.S Department of Interior, Bureau of Reclamation, Power Resource Officer, «Managing water in the west: Hydroelectric Power,» July 2005.
- [13] A. del Rosso y A. Ghia, «REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN, Beneficios Económicos y Ambientales,» Buenos

Aires, 2013.

- [14] Wikipedia, «Energy efficiency in British housing,» 22 2 2018. [En línea]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Energy\\_efficiency\\_in\\_British\\_housing](https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_efficiency_in_British_housing). [Último acceso: 2018].
- [15] EIA, «Natural Gas Processing: The Crucial Link Between Natural Gas Production and Its Transportation to Market,» 2006.
- [16] S. Gil y R. Prieto, «Eficiencia energética en el transporte Autos eléctricos,» *Petrotecnica Petrotécnica (Revista del IAPG)*, vol. LIV, n° Junio, pp. 43-59, 2013.
- [17] ENARGAS, «Ente Nacional Regulador del Gas Argentina - Datos de Transporte y Distribución,» [En línea]. Available: [www.enargas.gov.ar](http://www.enargas.gov.ar). [Último acceso: 2016].
- [18] Luciano Codeseira, «Codigo Energético,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.codigoenergetico.com/>.
- [19] C. P. Weldon Ransbarger, «A fresh look at LNG process efficiency,» LNG Industry, 2007.
- [20] IOPscience, «Thermodynamic and heat transfer analysis of LNG energy recovery for power production,» 2014. [En línea]. Available: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/547/1/012012/pdf>. [Último acceso: 2017].
- [21] UK P&I, «Carefully to carry: Liquefied natural gas,» [En línea]. Available: [https://www.ukpandi.com/fileadmin/uploads/uk-pi/LP%20Documents/Carefully\\_to\\_Carry/Liquid%20natural%20gas%20\(LNG\).pdf](https://www.ukpandi.com/fileadmin/uploads/uk-pi/LP%20Documents/Carefully_to_Carry/Liquid%20natural%20gas%20(LNG).pdf). [Último acceso: 2017].