

¿QUÉ SIGNIFICA LA EFICIENCIA DE LOS ARTEFACTOS DOMÉSTICOS? FACTORES DE COMPARACIÓN ENERGÉTICOS FACTORES DE CORRECCIÓN DE EFICIENCIA PARA DISTINTOS INSUMOS ENERGÉTICOS EN ARGENTINA

Pablo Sensini¹, P. Romero², P. Cozza², J. Fiora² y S. Gil¹

1. Escuela de Ciencia y Tecnología – Universidad Nacional de San Martín (UNSAM), Buenos Aires, Argentina.
2. Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI-Energía) - Parque Tecnológico Miguelete, Edificio 41, San Martín, Buenos Aires - (1650) Argentina.

Recibido: 05-08-18; Aceptado:25-10-18.

RESUMEN.- La eficiencia de un equipo se define como el cociente entre la energía útil y la consumida por el equipo para lograr un servicio. Muchos artefactos y dispositivos usan distintos vectores o insumos energéticos para prestar un mismo servicio. Al comparar distintos tipos de equipos que prestan un mismo servicio, surge la pregunta: ¿Cómo comparar las eficiencias energéticas cuando se usan diversos insumos? Por ejemplo, cocinas o equipos de calentamiento de agua que operan 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 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 no supera el 55%, es natural generar algún coeficiente de corrección o Factores de Comparación de Insumos Energéticos (FCIE) para poder comparar la eficiencia de equipos que brindan una misma prestación. En este trabajo se discute una propuesta de etiquetado en eficiencia para comparar equipos que usan distintos insumos energéticos, refleje los costos de operación de los equipos y las emisiones de gases de efecto invernadero.

Palabras claves: Ahorro y eficiencia energética, etiquetado de eficiencia energética y eficiencia en el sector residencial.

WHAT DOES THE EFFICIENCY OF HOUSEHOLD APPLIANCES MEAN? ENERGY COMPARISON FACTORS EFFICIENCY CORRECTION FACTORS FOR DIFFERENT ENERGY INPUTS IN ARGENTINA

ABSTRACT.- The efficiency of an appliance is defined as the quotient between the useful energy and that consumed by the team to achieve a service. Many devices and devices use different vectors or energy inputs to provide the same service. When comparing different type of equipment, that provide the same service, the question arises: how to compare energy efficiencies when using different inputs? For example, kitchens or water heating equipment that operate on natural gas, liquefied petroleum gas (LPG) or electricity. In Argentina, there are no clear and consensual guidelines to make this comparison. Currently the efficiencies used in labelling systems only take into account the consumption of the final energy input. Given that, in Argentina, about 55% of electricity is generated using natural gas, whose transformation efficiency does not exceed 55%, it is natural to generate some correction coefficient or Energy Input Comparison Factors (FCIE) in order to compare the efficiency of equipment that provides the same service. This paper discusses a proposal for efficiency labelling to compare equipment that uses different energy inputs, reflect equipment operating costs and greenhouse gas emissions.

Keywords: Savings and energy efficiency, energy efficiency labelling and efficiency in the residential sector.

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. 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 (Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe, 2016). A nivel internacional, se encuentra el

mismo problema, en EE.UU. el programa Energy Star del U.S. Environmental Protection Agency (EPA) incluyó el concepto de "Site-to-Source" (Energy Star del U.S. Environmental Protection Agency, 2018). Para ello la EPA diferencia lo que denominan energía en el sitio (*site energy*, en Argentina se denomina Energía Final o Consumo Final de Energía), 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.

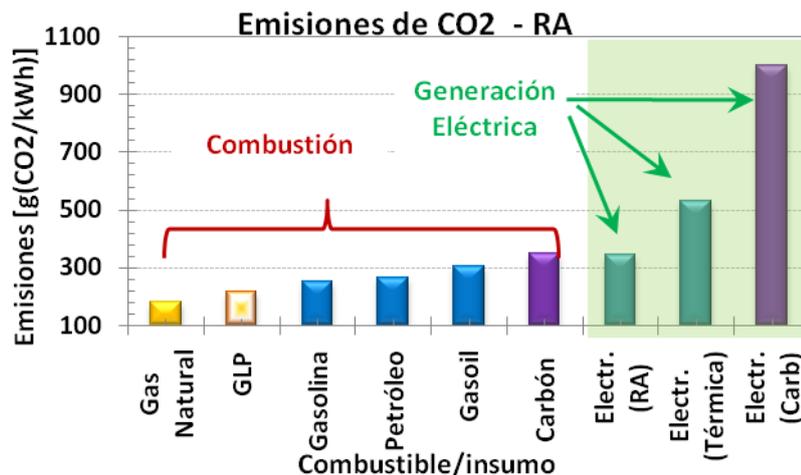


Fig. 1. Emisiones de CO₂ de distintos combustibles o insumos energéticos en g(CO₂)/kWh. Como se observa, de todos los combustibles fósiles, el gas natural es el que genera menos emisiones. En el caso de la electricidad, sus emisiones dependen de la fuente primaria usada para producirla. Su emisión es 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% 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 (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015).

En la Comunidad Europea se desarrolló el concepto Factor de Energía Primaria (Primary Energy Factor, PEF), que, para un dado vector energético, es 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 energética). El PEF se aplica tanto a la electricidad como a otros insumos energéticos (Esser & Sensfuss, 2016). 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.

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 otro el abastecimiento de

electricidad presenta una gran fragilidad en los picos de consumo. En este país, casi el 50% de la electricidad se produce usando gas natural, y su eficiencia de generación es de alrededor del 55% (Wikipedia, 2018). 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 CO₂ 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*. (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015) 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 la matriz energética del país es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles. El petróleo, el gas y en menos medida el carbón, contabilizan el 87% de la energía que se produce y se consume.

La disponibilidad de energía es fundamental para el desarrollo social y económico. 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 se necesita es iluminación, agua caliente, confort térmico de ambientes,

transportarnos, etc. Se requiere de servicios energéticos, más que energía *per se*. No confundir la energía útil con la energía realmente utilizada. Por ejemplo, cuando se enciende 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.

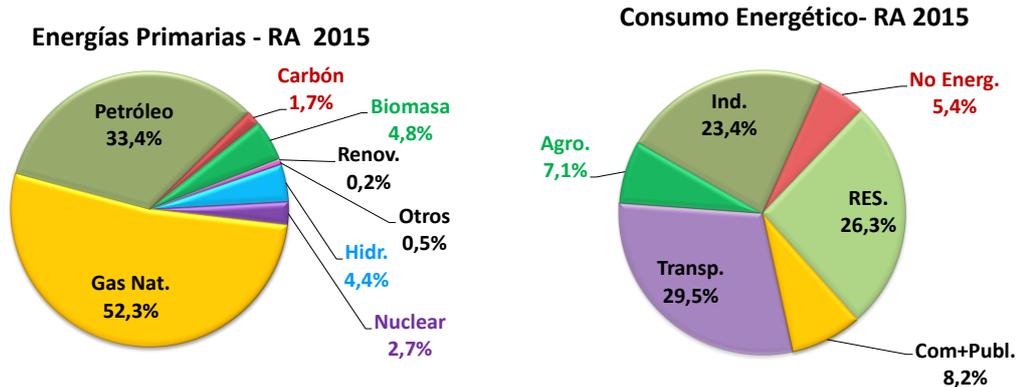


Fig. 2: Izquierda, matriz energética primaria y derecha distribución de la energía secundaria según su uso en la República Argentina para el año 2015. Agro. indica el uso de energía en actividades agropecuarias, Ind. es el consumo industrial, RES. es el consumo residencial, Com. + Publ. indica la componente 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 (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015).

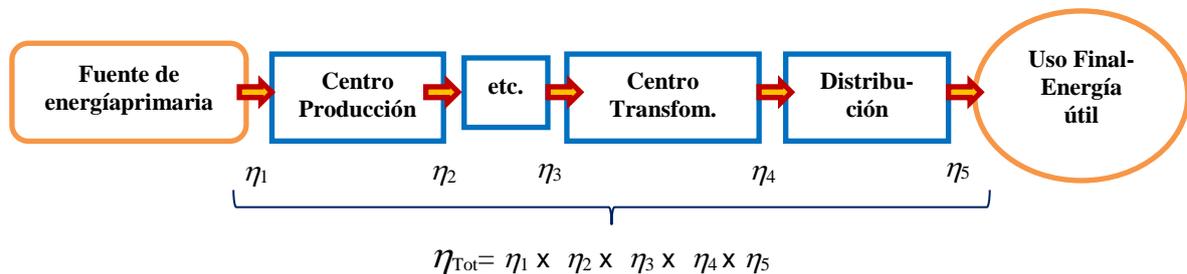


Fig. 3: Sendero de uso de la energía desde su fuente de energía a su utilización final. Cada etapa de producción, transformación, transmisión, distribución, eficiencia de los equipos, etc. tiene una cierta eficiencia de procesamiento, que se representa con la letra η . La eficiencia total o global, η_{Tot} , 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.

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 η . La eficiencia total, η_{Tot} , es el producto de las eficiencias parciales de toda la cadena. Este concepto se muestra en la figura 3.

3. APROXIMACIONES AL PROBLEMA DE DETERMINACIÓN DE FACTORES DE COMPARACIÓN DE INSUMOS ENERGÉTICOS (FCIE).

Existen distintas aproximaciones al problema de comparar el impacto de uso de los distintos vectores energéticos. Algunos se describen a continuación:

3.1. 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, 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 la eficiencia del equipo de calentamiento de agua. Esta aproximación es similar al *Primary Energy Factor* discutido más arriba. Una dificultad es que el consumo de energía en la minería de gas natural o el petróleo (utilizados para la generación de electricidad) 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. Muchas veces resulta conveniente 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 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, y hacen que su utilidad para generar coeficientes con cierta perdurabilidad en el tiempo sea muy limitada. Por tal razón, se toma como punto de referencia el momento en que los combustibles están a la entrada de los grandes centros de consumos o *city gates*, como se describe en el Apéndice A.

3.2. Factores de comparación basado en las emisiones de CO₂:

otro enfoque válido, tal vez más objetivo y relevante para generar FCIE es considerar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que cada vector genera en su uso final. 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, este trabajo lo hace regularmente el Ministerio de Energía y Minería de la Nación y es parte de acuerdos internacionales, entre ellos la Convención de Cambio Climático, COP21. Los valores oficiales obtenidos del informe de Cálculo del Factor de Emisión de CO₂, de la Red Argentina de Energía Eléctrica, (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015) se resumen en la tabla 1.

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.

Tabla 1: Emisiones de los distintos componentes de la matriz eléctrica Argentina para el año 2015. (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015)

Argentina	Generación Eléctrica 2015	Participación	Emisiones g(CO ₂)/kWh	FCIE (emisiones)
	TWh	Año 2015		
Térmica	85,9	63,4%	532	2,97
Importada	1,7	1,2%	532	2,97
Hidráulica	41,5	30,6%		
Nuclear	6,5	4,8%		
Total Eléctrica	135,6	100,0%	344	1,92
Gas Natural			179,3	1,00

Tabla 2: Emisiones de los distintos insumos energéticos según sus emisiones de CO₂, en Argentina.

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

Los valores de emisión de los primeros seis vectores energéticos, se refieren a su combustión como combustibles. Los tres últimos 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(CO₂)/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 (Sterma & Otros, 2018)(Harrabin, 2014). El valor tan alto que aparece en la tabla 2, 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 12, Apéndice A) son muy similares. Además, preservan en parte la relación de precio de la electricidad respecto del gas, que se discute 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 CO₂ que se realizan anualmente por el Ministerio de Energía y minería de la Nación. (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2015).

4. COSTO DE LOS INSUMOS ENERGÉTICOS EN EL SECTOR RESIDENCIAL

No es fácil comparar los costos del gas y la electricidad en Argentina: hay 8 categorías de usuarios residenciales (R1, R21, ..., R34), cada uno con un costo unitario del gas y un cargo fijo diferente, y hay 9 categorías de usuarios (R1, R2, ..., R9) también con distinto costo unitario y distintos cargos

fijos de energía eléctrica. 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 (m³ 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, se calcula el costo de la energía y se agrega el cargo fijo correspondiente. A este valor pueden agregarse los respectivos impuestos y al resultado final del costo medio de la factura, se lo divide por el consumo medio de la categoría correspondiente. De este modo se obtienen los costos efectivos de la unidad energética, para cada categoría de usuarios, que se representa en la figura 4.

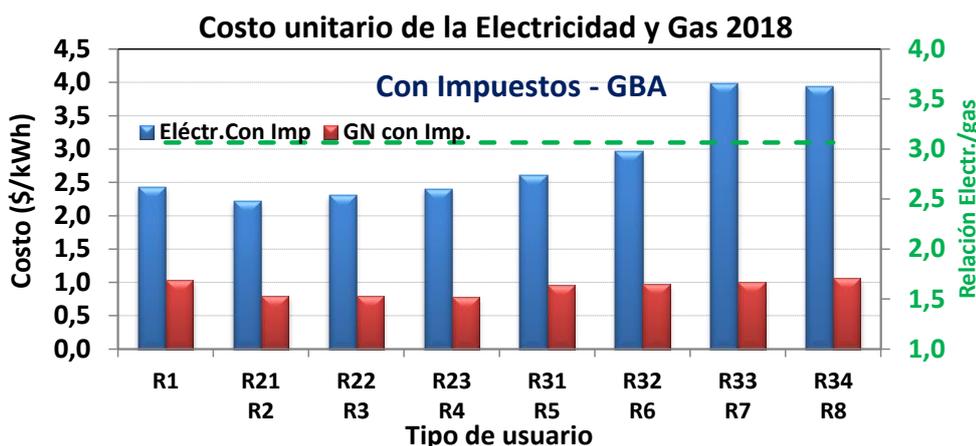


Fig. 4. Costo de los insumos gas y electricidad en \$/kWh en el Gran Buenos Aires (GBA) a partir de marzo de 2018, para los distintos tipos de usuarios residenciales de gas y de electricidad respectivamente, en estos costos se incluye el valor de los cargos fijos y suponiendo un consumo medio igual al promedio entre el máximo y el mínimo que definen cada categoría de usuario. En este gráfico se incluyen 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.

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, es imprescindible que el sistema de etiquetado de eficiencia energética, incluya estos factores de conversión de insumos energéticos, que complementen el etiquetado actual, 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 de forma imprevista.

Adoptar un sistema de señalamiento basado en las emisiones, puede ser más robusto y objetivo, dado que la relación de las emisiones de CO₂, entre la energía eléctrica y el gas natural en Argentina (como se ve en la tabla 2, en Eléctr.(RA)) es 1,92. Al utilizar un valor así para los FCIE, 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 CO₂ para la prestación de un mismo servicio, como se observa en la figura 5.

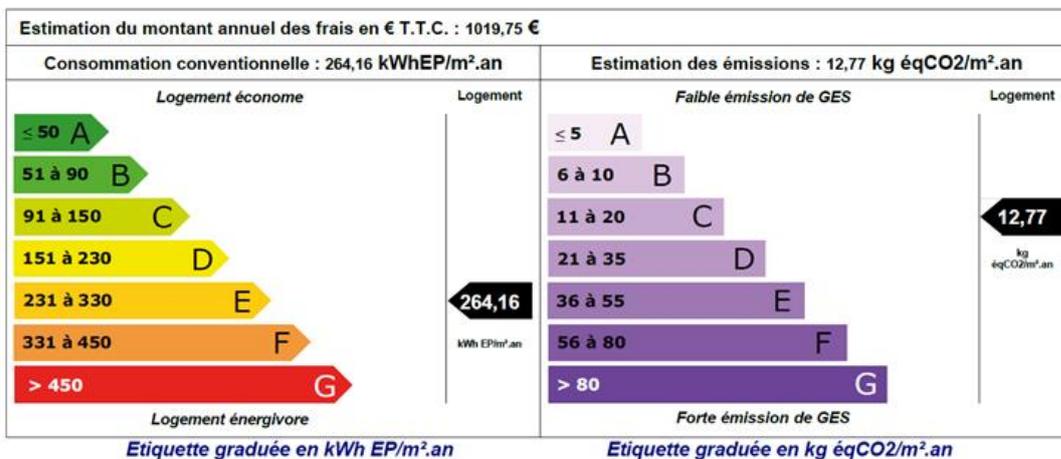


Fig. 5: Etiquetado de eficiencia energética y de emisiones de CO₂ usado en Francia y varios países de Europa. (Wikipedia, 2018) A la izquierda se muestra los consumos de energía primaria en kWh/m².año, (kWhEP= kilowatt/heured'énergie primaire) A la derecha se muestra la etiqueta de las emisiones de CO₂, en kg(CO₂)/m².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 uso doméstico en cuanto a dos características importantes, costo de la energía y emisiones de CO₂. 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 CO₂ de los distintos insumos energéticos, principalmente los dos más importantes: gas natural y electricidad. Por ello, resulta aconsejable tomar como referencia los FCIE basados en las emisiones de

CO₂ de los distintos insumos energéticos, ya que de este modo se tendrían en cuenta varios aspectos importantes, que actualmente están ausentes en el sistema de etiquetado argentino: 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, (Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe, 2016) y también en la nueva norma IRAM 11.900 se proponen los siguientes factores de conversión, f_p , que permiten calcular el consumo de energía primaria a partir de la energía final:

$$E_{primario} = E_{final} \times f_p \quad \text{o} \quad \text{también:} \\ E_{efectiva} = E_{energía_final} / f_p$$

Una dificultad de estos valores es que, por ejemplo, una cocina a gas natural que en el etiquetado de eficiencia energética es clase A con una eficiencia del 50%, comparada con una cocina de inducción clase A de eficiencia del 82%, aplicando los factores de la 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 215%, un valor que se encuentra en equipos comerciales, En el mercado local, se consiguen acondicionadores de aire, frío-calor, con eficiencias entre 200% al 300%. Con los factores de la Tabla 3, las eficiencias relativas serían: leña 63%, gas natural de TB 56% y la bomba de calor 65%! ¡Con lo que la diferencia entre una estufa a leña y una bomba de calor sería mínima! En el calentamiento de agua, un termotanque moderno con bomba de calor tiene una eficiencia de 220% y un calefón a gas 82%, con los coeficientes de la Tabla 3, los

resultados serían: 67% y 66%, respectivamente, con los que los incentivos a mejoras se verían fuertemente inhibidos o aún anulados. La razón de realizar esta comparación, ver Tabla 4, es mostrar la necesidad de revisar en la normativa actual cómo 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 11.900. 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.

Tabla 3: Factores de Prestaciones Energéticas usados en la provincia de Santa Fe. (Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe, 2016)

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 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 CO₂ (tercera columna de la Tabla 2). Como se ve, en la cuarta columna de la presente tabla, los valores de las eficiencias obtenidas preservan el orden de los avances tecnológicos sin distorsiones.

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

En este momento, en el país está 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. La segunda etiqueta, debería estar referida a las emisiones de CO₂, 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.

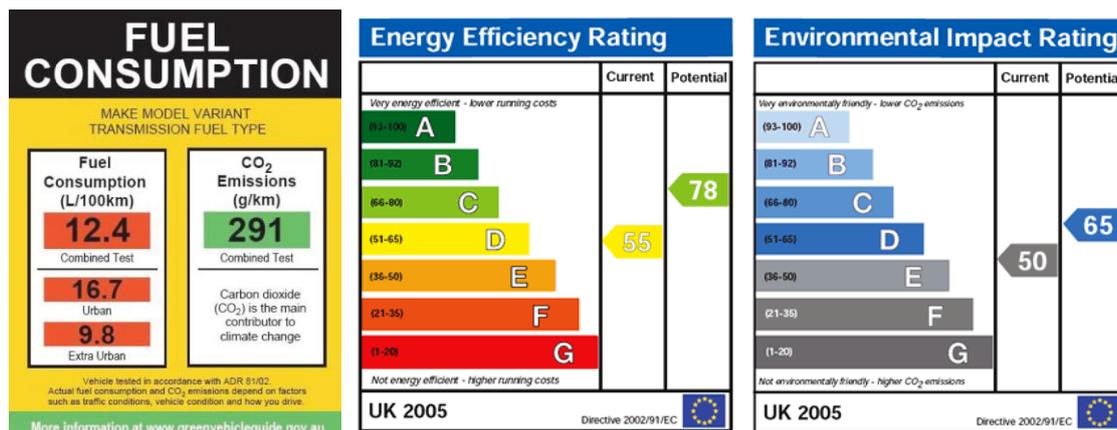


Fig. 6: Doble etiquetado de eficiencia energética y de emisiones de CO₂ usado en Australia para vehículos (izquierda) y doble etiquetado de viviendas en el Reino Unido (UK), a la derecha. En ambos casos, además de los consumos de energía se indican las emisiones de CO₂, en g(CO₂) por km en el primer caso y en una escala arbitraria de 1 a 100 en el segundo (donde 100 es mejor que 1).

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 generen más emisiones de gases efecto invernadero que otro de menor eficiencia. 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 indiquen mejor el consumo de energía primaria que los equipos usan, reflejen 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 CO₂, de los respectivos insumos utilizados, es más claro y carente de ambigüedades. Dado los FCIE obtenidos de emisiones de CO₂, guardan 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 CO₂ 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 CO₂ 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.

AGRADECIMIENTOS

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

APÉNDICE

Eficiencia del ciclo de gas natural y la electricidad.

Este apéndice, 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 su llega al usuario, Figura 3. 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 del ciclo de vida, es necesario considerar todas estas etapas, pero dicho análisis está más allá del alcance del presente estudio. (Wikipedia, 2018) Asimismo, 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 estudio no se está teniendo en cuenta. 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.

Aproximación al problema.

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 (utilizados para la generación de electricidad.) 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 del estudio, es conveniente para este 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 transportado(sin contar la energía utilizada para la extracción de dicho energético). Algo parecido ocurre en la minería de carbón o uranio.

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 operar con líquidos.

En general hay un consumo de energía en las plantas de acondicionamiento, cuyo valor es del orden del 7% (EIA, 2006), con lo que $\eta_1 \approx 93\%$. 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 $\sim 95\%$. (Gil & Prieto, 2013)(ENARGAS).

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 η_{gas} del gas natural de producción nacional es **85,7%**, como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5: Ciclo de eficiencia de gas natural de producción nacional antes del uso final.

Acondicionamiento del gas natural η_1	Transporte del gas natural (gasoducto) η_2	Distribución del gas natural (redes de gas) η_3	Final η_{Tot}
93%	97%	95%	85,7%

Eficiencia del gas natural Importado.

En Argentina se importa prácticamente 26% (ENARGAS)(Ministerio de Energía y Minería, 2017)(Codeseira, 2016) 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.

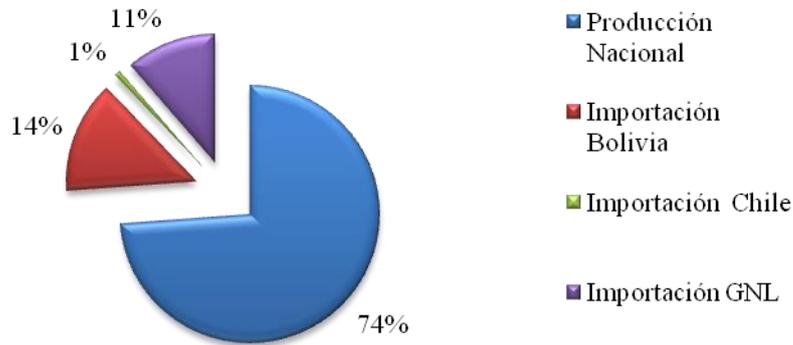


Fig. 7. Consumo Gas Natural Argentina (2016). Elaboración propia, fuente: (ENARGAS), (Ministerio de Energía y Minería, 2017) y (Codeseira, 2016).

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% (Weldon Ransbarger, Conoco Phillips, 2007)(IOPscience, 2014). 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 (UK P&I), 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 6 se resume este proceso.

Tabla 6: Ciclo de eficiencia del GNL importado antes del uso final.

Acondicionamiento de gas natural η_1	Licuefacción de gas natural η_2	Transporte de gas natural (buque) η_3	Transporte de gas natural (gasoducto) η_4	Distribución de gas natural (redes de gas) η_5	Final η_{Tot}
92,6%	82,5%	96%	97%	95%	67,6%

En lo que se 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 (se supondrá 3% igual que la del transporte en Argentina. Fuente: (ENARGAS), Tabla 7.

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

Acondicionamiento de gas natural η_1	Transporte hasta la frontera (gasoducto) η_2	Transporte en red nacional (gasoducto) η_3	Distribución de gas natural (redes de gas) η_4	Final η_{Tot}
92,6%	97%	97%	95%	82,8%

La eficiencia general η_{Tot} para del ciclo de 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. 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). En la Tabla 8 se resume este proceso.

Tabla 8: Ciclo de eficiencia del gas natural importado de Chile antes del uso final.

Acondicionamiento de gas natural η_1	Licuefacción de gas natural η_2	Transporte de gas natural (buque) η_3	Transporte de gas natural hasta la frontera (gasoducto) η_4	Transporte de gas natural (gasoducto) η_5	Distribución de gas natural (redes de gas) η_6	Final η_{Tot}
92,6%	82,5%	96%	97%	97%	95%	65,6%

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 *city gate* promedio, excluyendo la distribución, la eficiencia es: **87%**. Para el gas de producción nacional, esta eficiencia es del **90%**.

combustibles líquidos (fueloil y diésel), ver figura 8. Estos últimos son elaborados en refinерías 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 de Argentina) (Biset & Ferreyra, 2013). Se tomará el caso argentino antes mencionado para realizar los cálculos (Wang, 2008).

Eficiencia del Ciclo de la Electricidad.

El parque de generación eléctrica Argentina utiliza gas natural como combustible fósil principal, seguido por los

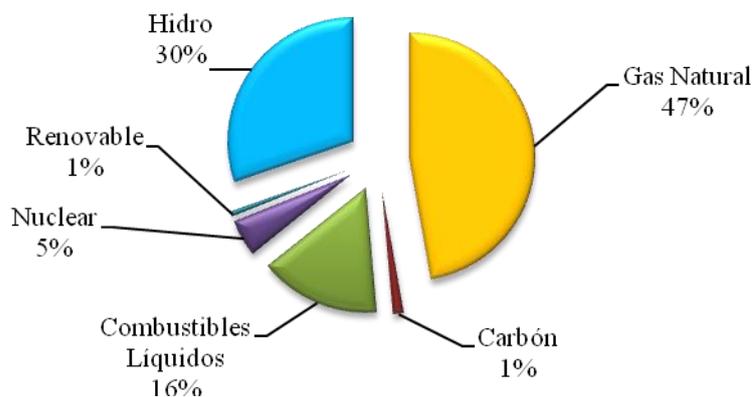


Fig. 8: Fuentes de energía para la generación eléctrica (2015). Elaboración propia, fuente: CAMMESA.

Otras tecnologías usadas en la generación eléctrica son la nuclear, la hidráulica, las nuevas renovables y el carbón. En el proceso de enriquecimiento de Uranio 235 para las centrales nucleares, el costo energético usado 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 (teniendo en cuenta la energía eólica y solar que son las dos principales y responsables de casi el 100% de la generación renovable), 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) 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). Los líquidos por su parte, en su transporte tienen pérdidas del orden de 7,9% hasta el punto de uso. (Este valor representa las pérdidas de energía en el transporte de derivados del petróleo en Estados Unidos, vía camiones cisterna) (Hall & Otros, 2014). Para el carbón no se incluirá este valor por falta de información. La central de mayor importancia (la de San Nicolás), utiliza principalmente fueloil o gas natural para su funcionamiento.

Tabla 9: Ciclo de eficiencia de los combustibles líquidos antes de la generación.

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

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 constitutiva a su tipo.

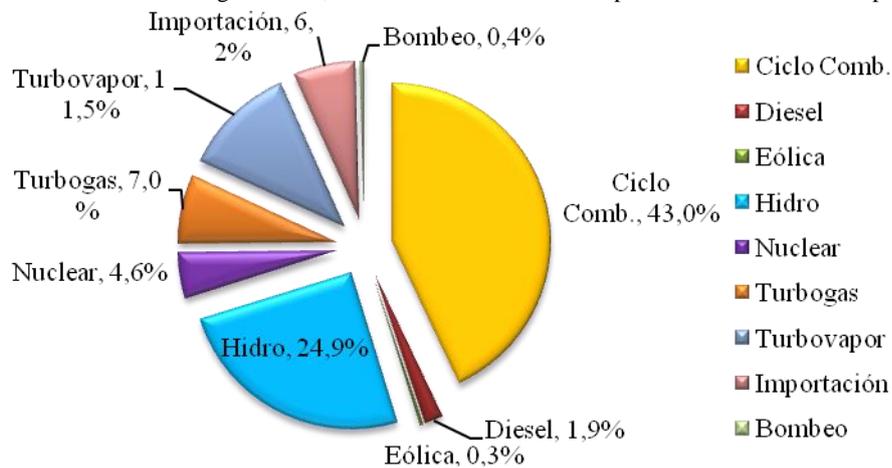


Fig. 9: Generación eléctrica argentina por tecnología usada (2013). Elaboración propia. Fuente: (CAMMESA, 2013), (Ministerio de Energía y Minería, 2017).

Tabla 10: Eficiencia nominal de las tecnologías principales de generación (Topolski & Otros, 2002)(Sustainable Energy Foundation (SHAKTI) , 2014)(U.S Department of Interior, Bureau of Reclamation, Power Resource Officer, July 2005)(International Atomic Energy Agency , 2012)(Topolski & Otros, 2002)(Turbines Info, 2011).

Tecnologías	Ciclo Combinado	Diésel	Hidráulica	Nuclear	Turbo gas	Turbo vapor
% Eficiencia	55,8%	30%	90%	33%	37,8%	37%

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% (Ghia Rosso & Otros, 2013) 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%

(EDENOR, 2017) de la energía que compre 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 η_{LTD} de la electricidad es **89,3%**.

Tomando los rendimientos expuestos con anterioridad se obtiene la eficiencia η_{LEP} para los dispositivos o tecnologías eléctricas de 45%, ver Tabla 11.

Tabla 11: Ciclo de eficiencia de la electricidad antes del uso final.

Producción y Transporte de combustibles hasta usinas η	Generación eléctrica en usinas η	Transporte Electricidad (líneas de alta tensión) η	Distribución Electricidad (líneas de media y baja tensión) η	Final η
90%	55,8%	96%	93%	45%

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 12.

Tabla 12: Ciclo de eficiencia de la electricidad y gas natural por redes, a partir de citygate.

Citygate	Conversión eléctrica en usinas de CC η_{CC}	Distribución Electricidad (líneas de media y baja tensión) η	Final η_{CC}	Razón
Electricidad	55,8%	93%	51,9%	1,82
Gas Natural Redes	No aplica	95%	95%	1

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

- Biset, S., & Ferreyra, M. (2013). *Cálculo riguroso de eficiencia de hornos de proceso*.
- CAMMESA. (2013). CAMMESA. Obtenido de www.cammesa.com
- Codeseira, L. (2016). *Código Energético*. Obtenido de <http://www.codigoenergetico.com/>
- EDENOR. (2017). EDENOR. Obtenido de http://www.edenor.com.ar/cms/SP/EMP/ACE/COM_EST_perdidas.html
- EIA. (2006). *Natural Gas Processing: The Crucial Link Between Natural Gas Production and Its Transportation to Market*.
- ENARGAS. (s.f.). *Ente Nacional Regulador del Gas Argentina - Datos de Transporte y Distribución*. Recuperado el 2016, de www.enargas.gov.ar
- Energy Star del U.S. Environmental Protection Agency. (15 de 2 de 2018). <https://www.epa.gov>. Recuperado el 2 de 2018, de <https://portfoliomanager.zendesk.com/hc/en-us/articles/216670148-What-are-the-Site-to-Source-Conversion-Factors->
- Esser, A., & Sensfuss, A. (2016). *Review of the default primary energy factor (PEF)*. Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI). www.isi.fraunhofer.de. Recuperado el Febr de 2018, de https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/final_report_pef_eed.pdf
- Ghia Rosso, A., & Otros. (2013). *Reducción de pérdidas en el transporte y distribución*. Cámara Argentina de la Construcción, APE. Buenos Aires: CAMARCO.
- Gil, S., & Prieto, R. (2013). Eficiencia energética en el transporte Autos eléctricos. *Petrotecnia Petrotécnica (Revista del IAPG)*, LIV(Junio), 43-59.
- Hall, C., & Otros. (2014). *EROI of different fuels and implications for society*.
- Harrabin, R. (24 de 7 de 2014). Concerns over carbon emissions from burning wood. *BBC News*.
- International Atomic Energy Agency . (2012). *Efficient Water Management In Water Cooled Reactors*. Viena.
- IOPscience. (2014). *Thermodynamic and heat transfer analysis of LNG energy recovery for power production*. Recuperado el 2017, de IOPscience: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/547/1/012012/pdf>
- Ministerio de Energía y Minería. (2017). www.minem.gob.ar.
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina. (2015). *Balance Energético Nacional*. Recuperado el 2018, de <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3366>
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina. (2015). *Cálculo del Factor de Emisión de CO2, de la Red Argentina de Energía Eléctrica 2015*. Recuperado el 2018, de <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2311>
- Secretaría de Estado de la Energía Provincia de Santa Fe. (2016). *PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS*. Rosario, Santa Fe.

- Sterma, J., & Otros. (2018). Does replacing coal with wood lower CO2 emissions? Dynamic lifecycle analysis of wood bioenergy. *Environ. Res. Lett.*, 13, 015007.
- Sustainable Energy Foundation (SHAKTI) . (2014). *Diesel Generators: Improving Efficiency and Emission Performance in India*.
- Topolski, J., & Otros. (2002). Comparison of the combined cycle efficiencies with different heat recovery steam generators. *Transactions of The Institute of Fluid-Flow Machinery*, 111, 5-16.
- Turbines Info. (2011). *Turbines Info- Steam Turbine Efficiency*. Recuperado el 2017, de <http://www.turbinesinfo.com/steam-turbine-efficiency/>
- U.S Department of Interior, Bureau of Reclamation, Power Resource Officer. (July 2005). *Managing water in the west: Hydroelectric Power*.
- UK P&I. (s.f.). *Carefully to carry: Liquefied natural gas*. Recuperado el 2017, de UK P&I: [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)
- Wang, M. (2008). *Estimation of Energy Efficiencies of U.S. Petroleum Refineries*. Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory.
- Weldon Ransbarger, Conoco Phillips. (2007). *A fresh look at LNG process efficiency*. LNG Industry.
- Wikipedia . (2018). *Combined cycle*. Obtenido de https://en.wikipedia.org/wiki/Combined_cycle
- Wikipedia. (enero de 2018). *Ciclo de vida del producto*. Recuperado el 2018, de https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_vida_del_producto
- Wikipedia. (22 de 2 de 2018). *Energy efficiency in British housing*. Recuperado el 2018, de Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Energy_efficiency_in_British_housing