

## DISTRIBUCIÓN DE LOS USUARIOS DE SEGÚN SU CONSUMO ENERGÉTICO CONSUMO DE GAS Y ELECTRICIDAD EN ARGENTINA, CASO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

**A. Shannon<sup>1</sup>, N. Pierri<sup>1</sup>, y Salvador Gil<sup>1,a</sup>**

UNSAM Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Ciencia y Tecnología. Campus Miguelete,  
25 de Mayo y Francia, Buenos Aires, Buenos Aires. Argentina

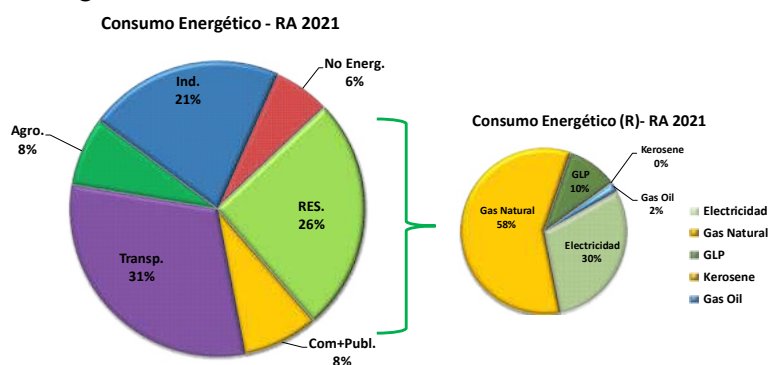
<sup>a</sup> e-mail: [sgil@unsam.edu.ar](mailto:sgil@unsam.edu.ar)

**RESUMEN:** En este trabajo se realiza un estudio de la demanda residencial de gas y electricidad en Argentina y en la provincia de Córdoba en particular. Más específicamente, se analiza cómo se distribuyen los usuarios residenciales según sus consumos energéticos. Para ello se utilizaron los datos suministrados por las distribuidoras de gas y electricidad, ya que esta información surge de analizar las bases de datos de las facturaciones de estos servicios. Si bien los consumos varían de región en región, existen patrones comunes que posibilitan caracterizar los mismos de forma analítica, de modo que puede ser fácilmente usado para la elaboración de diversas políticas energéticas. En ese sentido, se utiliza una metodología similar a la utilizada en trabajos anteriores. Asimismo, este análisis permite visualizar las cantidades mínimas de energía necesarias para proveer un servicio satisfactorio y eficiente en las ciudades analizadas, detectando oportunidades para diseñar programas de usos racional y eficiente de la energía. Esto permitía que los usuarios reduzcan el costo de sus facturas, a la par de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, la saturación de los sistemas de transporte de gas y electricidad, y el impacto económico de los subsidios energéticos en las cuentas públicas.

**Palabras clave:** Distribución de los consumos, sector residencial, gas natural, electricidad, eficiencia energética, Provincia de Córdoba.

### INTRODUCCIÓN

A nivel nacional, en el año 2021, los usuarios Residenciales (R) constituyeron aproximadamente el 26% de la demanda energética total. Los principales insumos usados en este sector fueron el gas natural (58%), la electricidad (27%) y el GLP (10%). (Secretaría de Energía de la Nación, 2022) Por su parte, los usuarios Comerciales (C) y Entes Oficiales (EO) constituyeron el 8% de la demanda total, como se muestra en la Fig. 1.



*Figura 1: Distribución del consumo energético final en Argentina para el año 2021 (izquierda) y distribución del consumo residencial final para el mismo año a nivel nacional. (Secretaría de Energía de la Nación, 2022)*

De este modo, este grupo de usuarios (R+C+EO) consumen alrededor del 35% de la energía a nivel nacional, Como se observaba en el gráfico de torta de la derecha de la Figura 1, este consumo está constituido principalmente de gas natural, electricidad y en menos medida GLP y GasOil. Este sector de la demanda es fuertemente termo-dependiente; en los meses de invierno su participación alcanzó el 60% del consumo total de gas natural. (Gil & y Otros, 1999) (Gil & y Otros, 2002) (Gil & y Otros, 2004). En lo que respecta la energía eléctrica, el sector residencial es responsable de cerca del 33% de la demanda total y el comercial el 25% del total, como se ve en la Fig. 2. (Secretaría de Energía de la Nación, 2022)

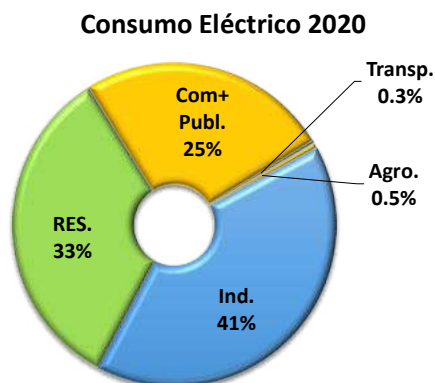


Figura 2: Distribución del consumo eléctrico en Argentina para el año 2020. (Secretaría de Energía de la Nación, 2022)

Con respecto al consumo de gas, el principal insumo energético del sector residencial, si en una región de abastecimiento tomamos un intervalo de consumo, por ejemplo, de 100 m<sup>3</sup>/año a 200 m<sup>3</sup>/año, y contamos la cantidad de usuarios cuyos consumos anuales están dentro de este intervalo; seguidamente, hacemos lo mismo para el siguiente intervalo (200 a 300 m<sup>3</sup>/año) y así sucesivamente, podemos construir un histograma que muestre la *distribución de consumo* de la región analizada. La *distribución del consumo residencial del gas* en Argentina fue analizada por varios autores en el pasado. (Gil & Prieto, 2013) Se encuentra que, para una dada región, el consumo de gas natural por redes, en general, muestra una *distribución de consumo* muy característica.

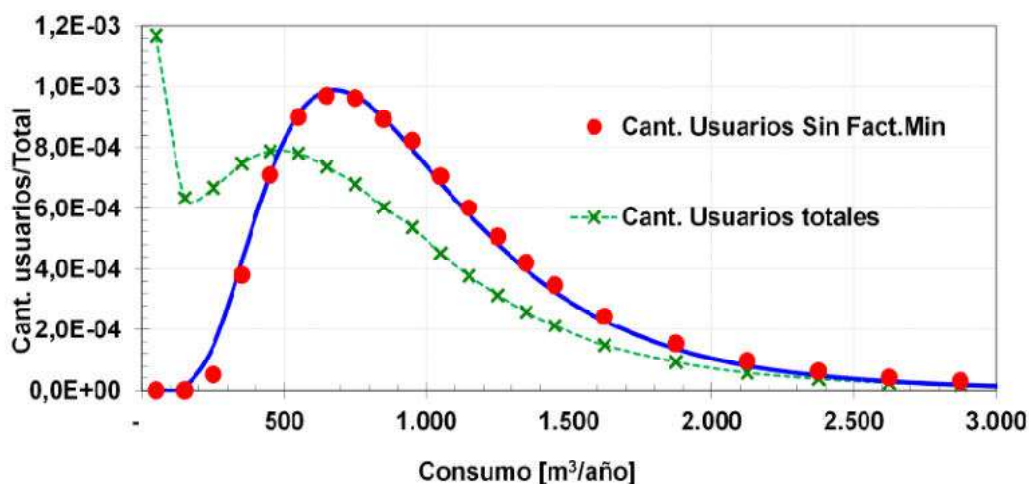


Figura 3: Distribución de la Cantidad de Usuarios según su consumo anual. El área bajo estas curvas está normalizada a la unidad. Los círculos rojos representan la distribución de usuarios sin “Factura Mínima” durante todos los bimestres del año. Las cruces representan la distribución del total de usuarios. La curva continua, que ajusta a los círculos rojos, es la distribución log-normal. (Gil & Prieto, 2013)

Para lograr una distribución de consumo libre de distorsiones, es necesario separar aquellos usuarios<sup>1</sup> cuyas viviendas estuvieron desocupadas por alguna fracción temporal en el año. Esto se puede lograr discriminando a aquellos usuarios que, en algún bimestre, tuvieron “facturación mínima”, o sea que no tuvieron consumo en ese periodo. Si se realiza este procedimiento, se observa que la distribución obtenida se puede describir por una *distribución log-normal*. (Wikipedia, 2022) En el Apéndice A se discuten las propiedades de esta función y en la Fig. 3, se muestra la distribución de consumo para el caso de los usuarios de la distribuidora Metrogas, que brinda servicio de distribución en la zona sur del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA).

Para poder estudiar la distribución de consumo, se requiere disponer de datos que sólo los pueden brindar las distribuidoras de gaso-electricidad, que disponen de esta información a partir de sus bases de datos de las facturaciones de estos servicios. Este tipo de estudio solo se puede realizar para aquellos casos en que se disponga de acceso a esta información, ya que dicha información no es pública. Por lo tanto, los casos analizados, son aquellos para los cuales fuimos capaces de lograr obtener esta información. Esto fue posible para varias ciudades de Argentina con servicios de gas por redes y de electricidad solo para la provincia de Córdoba.

Si dividimos la población total en cuatro grupos de igual población, el primer cuartil estaría constituido por el cuarto de la población de menor consumo y así sucesivamente. Observando ahora la cantidad de gas que consume cada cuartil, se pueden observar importantes diferencias entre cuartiles, distribuidos como se ilustra en la Fig. 4. Un hecho notable es que mientras el primer cuartil consumió el 13% del gas, el cuarto alcanza el 42% del total.

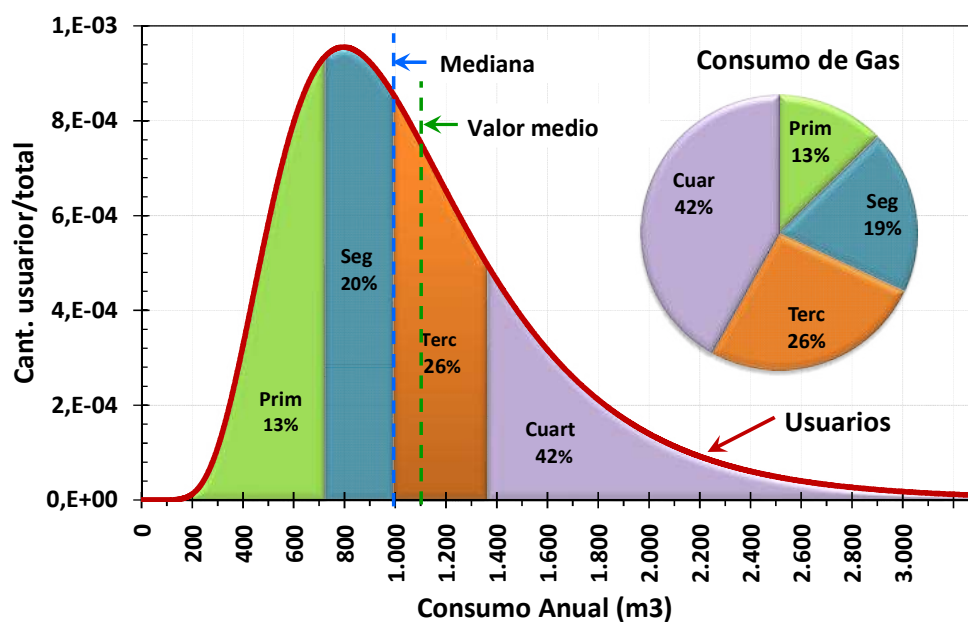


Figura 4: Distribución de la Cantidad de Usuarios según su consumo anual dividido en cuartiles de igual número de usuarios. En el diagrama circular se indica la distribución del total del gas consumido por cada cuartil.

Este hecho pone en evidencia lo inadecuado que resulta implementar subsidios generalizados que no discriminan los consumos de los usuarios y que se subsidian en forma similar y sin límite en su valor de consumo. Como podrá verse en el siguiente apartado, subsidiar al 4<sup>to</sup> cuartil que consume el 42% del gas distribuido es mucho más costoso y menos justo que hacerlo con el 1<sup>er</sup> cuartil que sólo consume el 13% del gas usado en este sector, aun cuando ambos cuartiles contienen la misma cantidad de usuarios. Un subsidio a los sectores de mayor consumo, que posiblemente no lo necesitan, tiende a generar hábitos de uso poco eficiente, que se prolongan en el tiempo, muy difíciles de modificar, y son altamente costosos para el Estado Nacional. (Carrizo & y Otros, 2022)

<sup>1</sup>Aquí “usuario”, se refiere a una vivienda con medidor. En Argentina, en promedio, hay unas 3.3 personas por vivienda.

## DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO RESIDENCIAL DE ELECTRICIDAD

En la Figura 5 se comparan los resultados de las distribuciones de consumo reportadas por la Empresa EPEC de la Provincia de Córdoba (símbolos rojos y verdes) con el modelo teórico explicativo, propuesto en este estudio. En las 4 ciudades estudiadas se analizaron los consumos de unos 690 mil clientes (87% del total) de los 792 mil clientes de la distribuidora en el año 2020. Los detalles de dicho modelo se discuten en el Apéndice A, pero en esta figura se puede apreciar claramente el nivel general de acuerdo del modelo explicativo con los datos observados. Los símbolos verdes representan la distribución de todos los usuarios de la distribuidora. Los símbolos rojos (círculos), la distribución después de haber removido aquellos usuarios con al menos una factura mínima (sin consumo) en al menos un bimestre. Dado que las viviendas que no fueron habitadas todo el año no son representativas de los hábitos de consumo, ellas fueron excluidas del análisis.

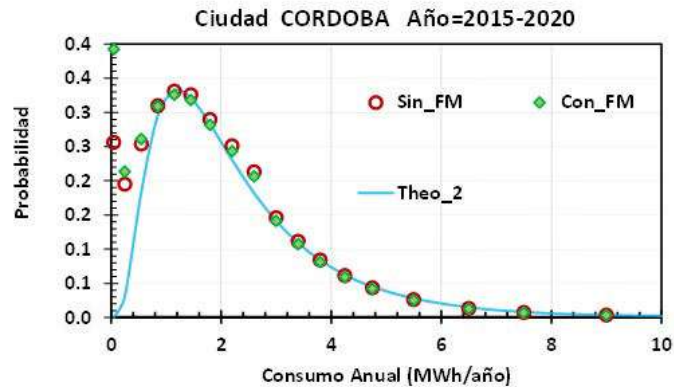


Figura 5: Distribución del consumo eléctrico de las Ciudades de Córdoba en los años 2015-2020. Los símbolos verdes son los valores de facturación sin corrección por factura mínima en el año, los símbolos rojos, son los datos de distribución, después de remover los usuarios con al menos una factura mínima en el año. Datos previstos por EPEC. El modelo teórico explicativo se indica con línea celeste.

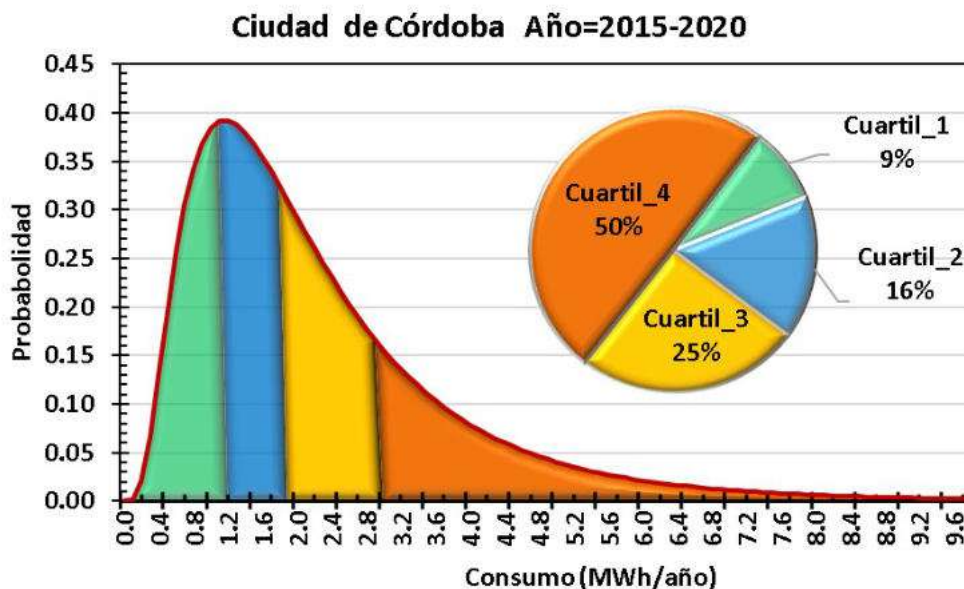


Figura 6: Distribución del consumo eléctrico promedio para la ciudad de Córdoba en los años 2015-2020. El diagrama de torta del inserto superior derecho, muestra la distribución del consumo energético entre los distintos cuartiles.

En la Figura 6 se muestra la distribución de consumo de la Ciudad de Córdoba en los años 2015-2020, segmentada en cuatro cuartiles de consumo. Cada cuartil tiene la misma cantidad de usuarios, pero la cantidad de energía que utiliza es muy distinta. Sobre el lado derecho, en el diagrama de tortas, se puede observar el consumo eléctrico de cada cuartil. Un hecho notable es que mientras el primero y

segundo cuartil consumen solo el 25% de la electricidad (energía), el cuarto cuartil usa la mitad de toda la energía.

Si se observa el gráfico de torta de la derecha de la Fig. 6, se concluye que la mitad de población de menor consumo (Cuartil 1 y 2), consume solamente un 25% de la energía eléctrica demandada por la ciudad en su totalidad.

Por otro lado, se obtuvieron los siguientes **valores medios** para los distintos cuartiles:

- Cuartil 1: **0.80MWh/año** – Valor máximo del consumo del cuartil 1: **1.2MWh/año**
  - Cuartil 2: **1.49MWh/año** - Valor máximo del consumo del cuartil 2: **1.9 MWh/año**
  - Cuartil 3: **2.34MWh/año** - Valor máximo del consumo del cuartil 3: **2.9MWh/año**
  - Cuartil 4: **4.56MWh/año** – Sin valor máximo del consumo
- Promedio general: 2.3 MWh/año**

Tener en cuenta que la Ciudad de Córdoba Capital tiene el **78% de los usuarios** eléctricos del total de las cuatro ciudades analizadas.

Además de los consumos de la Ciudad de Córdoba, se analizaron los consumos eléctricos de las ciudades de Villa María, Río Cuarto y San Francisco. Dado que las variaciones de consumo entre las distintas ciudades analizadas varían en menos del 10% entre unas y otras, se encuentra útil analizar en conjunto las 4 ciudades antes mencionadas. El resultado para este conjunto de ciudades con la distribución de consumo, para los años 2015-2020, se muestra en la Figura 7.

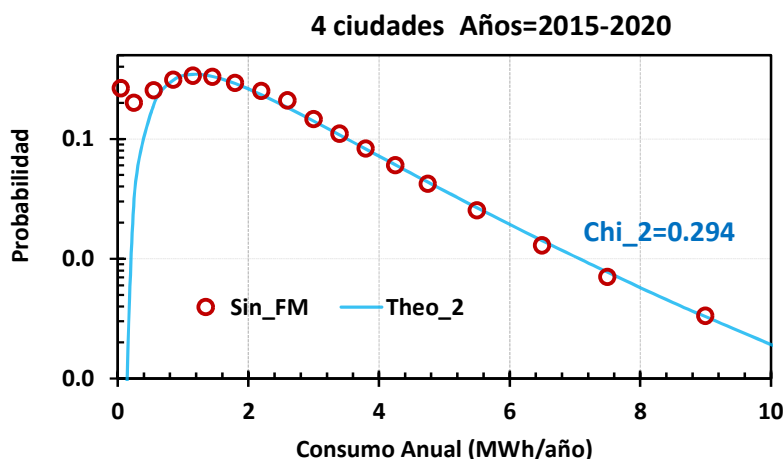


Figura 7: Distribución del consumo eléctrico promedio para las 4 ciudades estudiadas en los años 2015-2020, en escala semilogarítmica. Los datos reales en círculos rojos y el modelo teórico con línea llena celeste.

Por su parte la distribución de energía entre los cuatro cuartiles de consumo se muestra en la Figura 8.

Los **valores medios de consumo** obtenidos para el conjunto de las 4 ciudades fueron los siguientes:

- Cuartil 1: **0.80MWh/año** – Valor máximo del consumo del cuartil 1: **1.1MWh/año**
- Cuartil 2: **1.49MWh/año** - Valor máximo del consumo del cuartil 2: **1.8 MWh/año**
- Cuartil 3: **2.34MWh/año** - Valor máximo del consumo del cuartil 3: **2.9MWh/año**
- Cuartil 4: **4.53MWh/año** – Sin valor máximo del consumo
- **Promedio general: 2.28 MWh/año** (-3% con respecto a Córdoba)

Es interesante notar, como se discute en el Apéndice B, que con un consumo eléctrico de alrededor de **1.3 MWh/año**, haciendo un uso racional y eficiente de la energía, se puede satisfacer las necesidades básicas de un hogar (heladera, refrigeración, iluminación, etc). Esto es válido en particular para una familia típica en la zona centro-norte de Argentina (norte del Río Colorado), de 3,3 miembros y que tiene acceso a redes de gas natural. Si la familia no tiene acceso a gas natural y cocina con GLP, a este consumo eficiente de 1.3 MWh/año habría que agregar el consumo eléctrico de calentamiento de agua sanitaria (ACS), unos 2.5 MWh, y 1 MWh por calefacción, con lo que se podrían satisfacer sus

necesidades básicas con unos **4.8 MWh/año**. Dado que la ciudad de Córdoba tiene una extensa red de gas natural, es razonable suponer que un servicio eléctrico satisfactorio, usando pautas de uso racional y eficiente de la energía, podría lograrse con 1.3 a 1.5 MWh/año por usuario. Actualmente la fracción de usuarios con consumos inferiores a estos valores es del 18%.

Esta observación sugiere una gran oportunidad de eficiencia energética, ya que cerca del 80% de los usuarios tendría la posibilidad de optimizar sus consumos, que por un lado reducirían el costo de sus facturas y posibilitarían un manejo más aliviado de los recursos energéticos y de la infraestructura, a la par de reducir emisiones de gases efecto de invernadero (GEI). Se puede ver un mayor detalle de esto en el Apéndice B.

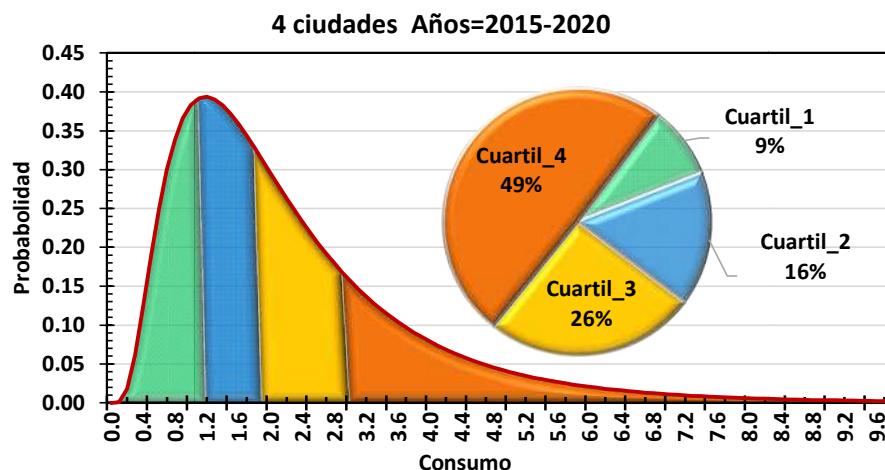


Figura 8: Distribución del consumo eléctrico promedio para las 4 ciudades estudiadas en los años 2015-2020.

## CONSUMO RESIDENCIAL DE GAS NATURAL POR REDES

Para nuestro análisis usamos el concepto de *consumo específico* de gas natural, es decir el consumo medio de un usuario típico, por día. Este valor es fácil de reconstruir a partir de los consumos mensuales publicados por distintas agencias oficiales de Argentina, en particular el ENARGAS. (ENARGAS, 2022) Para una dada región y mes, se toma el consumo total residencial y se lo divide por el número de usuarios. de dicho mes y por el número de días del mes. La Figura 9 muestra la variación del *consumo específico* residencial medio de la región centro-norte de Argentina a lo largo de un año.

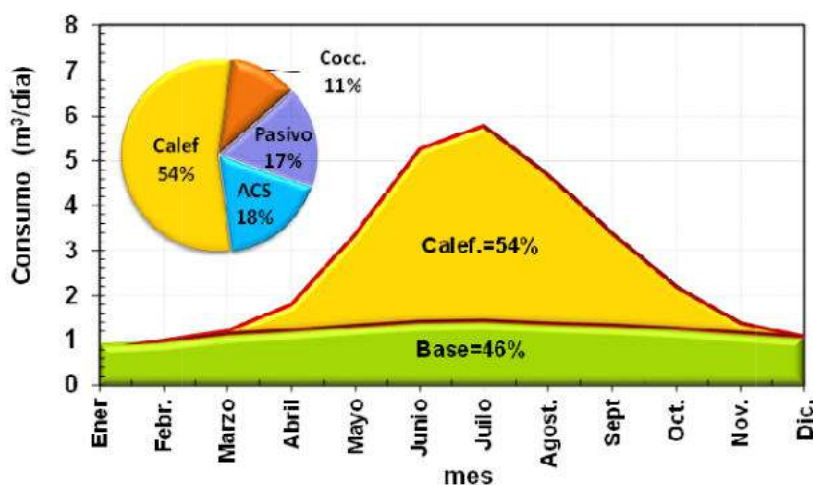


Figura 9: Variación de los consumos específicos residenciales de gas como función de los meses del año. Los datos ilustrados aquí corresponden al año 2020 para la región centro-norte de Argentina. El diagrama de torta inserto en la parte superior izquierda muestra cómo se distribuye el consumo de gas residencial entre sus distintos usos.

Recordemos que en Argentina el gas natural residencial se usa principalmente para prestar tres servicios básicos: cocción, calentamiento de agua sanitaria (ACS) y calefacción. El consumo de cocción y ACS lo denominamos *consumo base* y es aproximadamente el mismo a lo largo de todo el año, en cambio el de calefacción es fuertemente termodependiente. En los meses de verano (enero, febrero y diciembre) este consumo se reduce a cero, en gran parte de la zona centro y norte de Argentina, siendo el consumo restante lo que se conoce como el *consumo base* (cocción y ACS) área verde en Figura 9. Como se ve, esta separación puede realizarse de manera simple, ya que la variación del consumo base es relativamente suave con la temperatura. La abultada campana amarilla de los meses de invierno corresponde al consumo de calefacción y en promedio es del orden del 54% ( $\pm 4\%$ ) del consumo residencial de gas. Esta proporción puede cambiar según la rigurosidad de los inviernos.

Por su parte, el consumo en cocción puede obtenerse del análisis de los datos de consumo de edificios que tienen servicios de calefacción y calentamiento de agua centrales. (Zavalía Lagos, et al., 2020) En este caso, el consumo de las unidades o departamentos individuales está asociado a los consumos de cocción principalmente. El consumo en cocción es  $0,30 \pm 0,12 \text{ m}^3/\text{día}$ , equivalente a unos  $3,2 \text{ kWh}/\text{día}$  (Gastiarena & Otros, 2017) y puede considerarse representativo de toda la región centro-norte de Argentina.

En la Figura 10 se muestra el *consumo específico residencial* de toda la provincia de Córdoba para los años 2017- 2020. Las características generales son similares a las de toda la región centro-norte de Argentina.

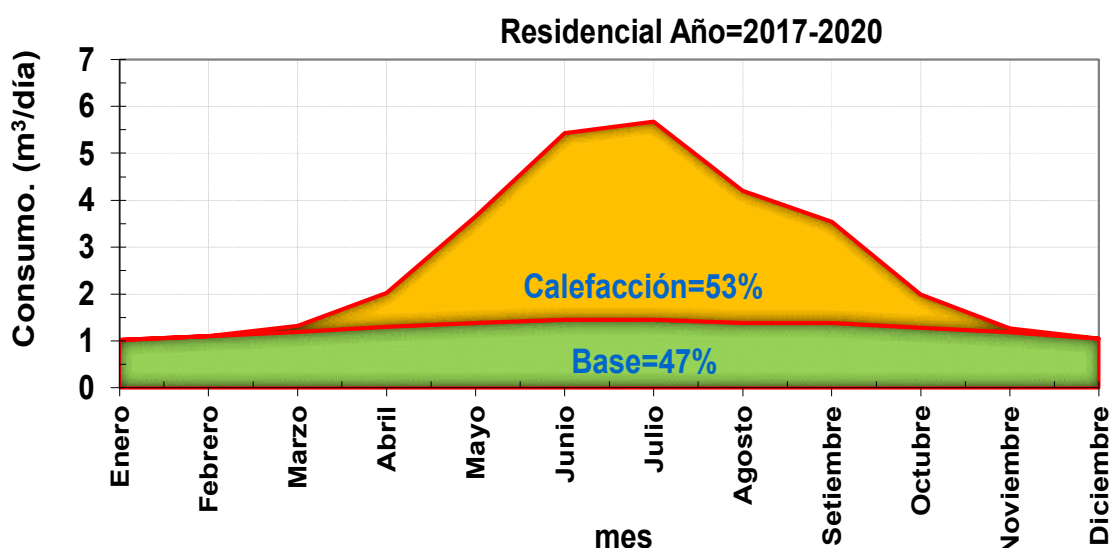


Figura 10: Variación de los consumos específicos residenciales de gas en función de los meses del año. Los datos ilustrados aquí corresponden a valores promedio de toda la provincia de Córdoba para los años 2017-2020. (ENARGAS, 2022)

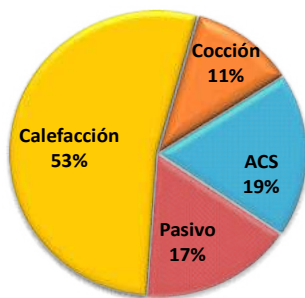
Otro consumo muy prevalente en el país son los consumos pasivos de los equipos de ACS de los hogares. Casi todos los equipos de ACS que se usan en Argentina tienen una llama piloto encendida de forma permanente. Dado que el consumo pasivo está asociado al del equipo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), al computar este consumo de ACS se lo sumamos a él. Es así, como el consumo total destinado a ACS resulta  $\sim 33\% \pm 4\%$  del total.

Para una familia típica, de 3.3 personas, y un departamento o casa de unos  $65 \text{ m}^2$ , en Córdoba los consumos característicos se muestran en la Tabla 1. Como se ve, haciendo un uso racional y eficiente, es posible reducir en más del 28% el consumo medio de gas. Esto se podría lograr mediante el uso de artefactos para calentamiento de agua más eficientes y sin llama piloto, y equipos de calefacción con mejor eficiencia. (Zavalía Lagos, et al., 2022).

Tabla 1. Consumos de gas para una familia típica de 3 personas y vivienda de 65 m<sup>2</sup> en la Ciudad de Córdoba.

Servicio	Consumo Tradicional		Consumo Eficiente	
	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /año	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /año
Cocción	0.31	113	0.31	113
ACS	0.5	183	0.46	169
Pasivo	0.45	164	0	0
Calefacción	1.44	526	1.15	421
<b>Consumo Total</b>	<b>2.7</b>	<b>986</b>	<b>1.92</b>	<b>703</b>

Consumo de gas (BAU)=986 m<sup>3</sup>/año



Consumo de gas (Efic.)=703 m<sup>3</sup>/año

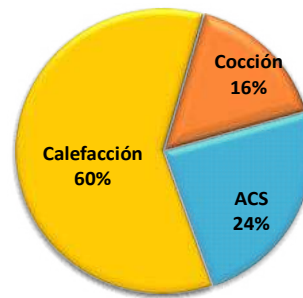


Figura 11: Distribución del consumo de gas medio observado en la Prov. de Córdoba (izquierda) y para una vivienda con pauta básica de eficiencia energética.

## DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE GAS EN CÓRDOBA

Para determinar la distribución de consumo de gas, se puede seguir el mismo procedimiento realizado previamente para la electricidad, es decir, partir de los datos suministrados por la Distribuidora de Gas del Centro (ECOGAS) en los distintos intervalos de consumo. En las 4 ciudades estudiadas se analizaron los consumos de unos 740 mil clientes (93% del total) de los 795 mil clientes de la distribuidora en el año 2020.

### Prov. de Córdoba 2017-2020

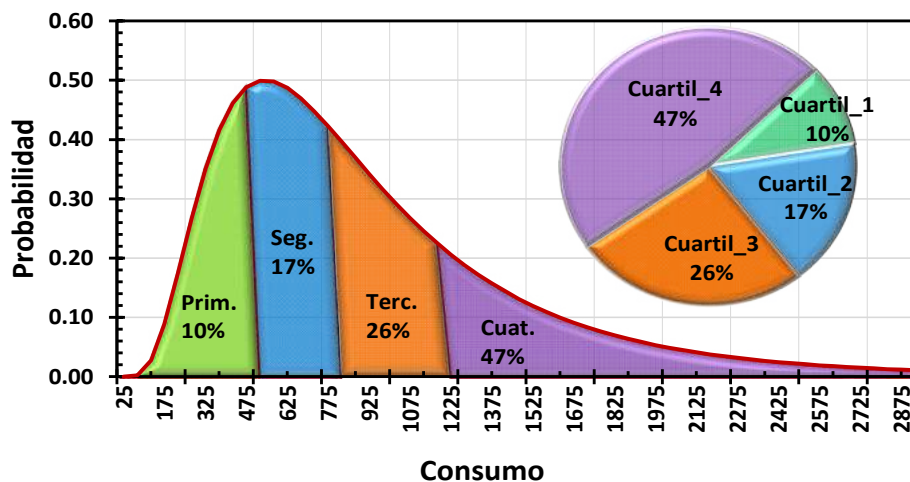


Figura 12: Distribución del consumo gas natural en m<sup>3</sup>/año para la provincia de Córdoba en los años 2017-2020. El diagrama de torta superior derecha muestra la distribución del consumo energético entre los distintos cuartiles. Nótese que, aunque los cuatro cuartiles tienen el mismo número de usuarios, el primero y segundo cuartil consumen sólo el 27% del gas, mientras que el cuarto cuartil usa casi la mitad de toda la energía (47%).



El consumo medio en la región de toda la provincia de Córdoba: 986 m<sup>3</sup>/año. (ENARGAS, 2022) A partir de este dato y usando el formalismo desarrollado en las Ref. (Gil & Prieto, 2013),y (Zavalía Lagos, et al., 2022), se obtiene la distribución de consumo que se muestra en la Figura 12, muy similar al encontrado en el AMBA, visto en la Fig. 4.

Tabla 2. Parámetros de la distribución del consumo en la prov. de Córdoba, obtenido de la Figura 12.

	Limite Superior (m <sup>3</sup> /año)	Consumo Medio (m <sup>3</sup> /año)	Consumo energético
Cuartil_1	475	364	10%
Cuartil_2	775	645	17%
Cuartil_3	1,175	979	26%
Cuartil_4	∞	1,796	47%

En primer lugar, se observa que el primer cuartil es consistente con la obtención de un consumo base (cocción y ACS) en un modo tradicional (no eficiente). Pero los usuarios que satisfacen los tres servicios básicos: cocción, ACS y calefacción, en un modo tradicional caen confortablemente en los **tres primeros cuartiles**, ya el límite del tercer cuartil es de 1175 m<sup>3</sup>/año. Como se discute en el Apéndice B y Ref. (Zavalía Lagos, et al., 2022), en un modo tradicional (no eficiente), una familia típica, de 3.3 personas en una vivienda de ~65 m<sup>2</sup>, puede satisfacer sus necesidades básicas de cocción, ACS y calefacción en la zona central de Argentina (AMBA, Ciudad de Córdoba, Rosario, etc.) con 853 m<sup>3</sup>/año de gas natural (equivalente a unos 9.2 MWh/año), Tabla 3 del Apéndice B. Si esta familia adopta medidas básicas de eficiencia energética, como se describen en el Apéndice B, estos mismos servicios energéticos puede satisfacerse con 535 m<sup>3</sup>/año de gas natural (equivalente a unos 5.8MWh/año), Tabla 3 del Apéndice B. Adoptando estas medidas, los usuarios de segundo cuartil (consumo anual inferiores a 775 m<sup>3</sup>/año), podrían satisfacer **los tres servicios básicos**. Los usuarios del cuarto cuartil claramente tienen un consumo que excede las necesidades básicas o tienen hábitos poco racionales o eficientes. También los consumos del 4to cuartil son consistentes con viviendas de tamaños considerablemente mayores que los estándares en Argentina (65 m<sup>2</sup>). Sin embargo, estos usuarios son responsable de casi el 47% de consumo de gas en la provincia.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se muestra que las distribuciones del consumo de electricidad y gas natural por redes en las principales ciudades de la provincia de Córdoba tienen la forma general de una distribución *log-normal*.

Un hecho notable tanto en el caso de la electricidad como de gas natural es que con un consumo de estos insumos que cae dentro del tercer cuartil de consumo, es posible satisfacer las necesidades básicas de una familia tipo (3.3 personas y vivienda de unos 65m<sup>2</sup>) en la zona central de Argentina, sin adoptar medidas especiales de eficiencia energética. Los usuarios residenciales del cuarto cuartil tienen un consumo que excede las necesidades básicas o tienen hábitos poco racionales o eficientes, como podría ser exceso del uso de aires acondicionados, múltiples heladeras, etc. Es así, como el cuarto de los usuarios residenciales de mayor consumo (cuarto cuartil) consumen el 50% de toda la energía, y los tres cuartos restantes, la otra mitad de la energía total de este sector. Este sobreconsumo es una consecuencia no buscada de los subsidios generalizados de la energía, es decir la política de otorgar subsidios al consumo, que como se ve favorece más al sector de mayor consumo sin resolver totalmente el problema de las familias más vulnerables. De manera análoga, en el caso del gas natural por redes, se observan las mismas características. Mientras que el primer cuartil consume el 10% del total del gas, el cuarto, capta el 47% del total. Estas observaciones, ponen en evidencia lo inadecuado que resulta generar subsidios generalizados que no tenga en cuenta los consumos de los usuarios. En general, los consumidores que caen en los cuartiles más altos son los de mayor ingreso. (EDX - FMI Course, 2021), (Infobae, 2021) Subsidiar a estos sectores, además de innecesario, genera un costo

mucho mayor (42% al 47% de total) que aplicar el subsidio a los cuartiles de menor consumo. Por otro lado, un subsidio a sectores que no lo necesitan, tiende a generar hábitos de uso poco eficiente, que se prolongan en el tiempo, y son altamente costosos.

Si los usuarios del cuarto cuartil hiciesen un uso racional y eficiente de la energía, reducirían su consumo considerablemente. Para asimilarse al consumo del tercer cuartil, el potencial ahorro de electricidad y de gas sería del **24% y 23% del total** respectivamente.

En el sector residencial, con una adecuada campaña educativa sobre Uso Racional y Eficiente de la Energía y un régimen más justo y progresivo de subsidios, sería posible reducir los consumos y posiblemente los niveles de subsidios en el orden del 25%.

Finalmente, este análisis muestra las limitaciones que los subsidios generalizados de la energía tienen en el sistema energético en general, ya que **desestimula** la adopción de medidas de eficiencia energética, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y tiene un alto costo económico y social. En ese sentido, se vislumbran interesantes oportunidades para adoptar medidas de eficiencia energética que podrían reducir tanto la factura de los usuarios, como la necesidad de expandir la infraestructura energética. En ese sentido, se puede ver a la eficiencia como una herramienta no sólo para mitigar las emisiones de gases de efecto de invernadero, sino también la pobreza.

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseamos agradecer al Ministerio de Servicios Públicos de la Provincia de Córdoba por haber promovido y aportado la información necesaria para realizar este trabajo, en especial al Ing. Fabián López y el Lic. Bartolomé Heredia. Asimismo, agradecemos a las empresas EPEC y la Distribuidora de Gas del Centro S.A. (ECOGAS) por habernos brindado acceso a los datos de consumo necesarios para este estudio.

## REFERENCIAS

- Battistin, E., Blundell, R. & Lewbel, A., 2009. Why is consumption more log normal than income? Gibrat's law revisited. *Journal of Political Economy*, 117(6), pp. 1140-1154.
- Carrizo, S. & y Otros, 2022. ¿Son los subsidios a la energía una herramienta efectiva para reducir las inequidades sociales?. *Revista Construir de la Cam. Arg. de la Construcción*, Abril 2022(Abril), pp. 59-63.
- EDX - FMI Course, 2021. *Energy Subsidy Reform*.  
[https://www.edx.org/es/course/energy-subsidy-reform?index=spanish\\_product&queryID=4d3f86e57a16f6bc0a0f5de9459f2829&position=1](https://www.edx.org/es/course/energy-subsidy-reform?index=spanish_product&queryID=4d3f86e57a16f6bc0a0f5de9459f2829&position=1)
- ENARGAS, 2022. *Ente Nacional Regulador del Gas*.  
<https://www.enargas.gob.ar/>
- Gastiarena, M. & Otros, 2017. Gas versus Electricidad: Uso de la energía en el sector residencial. *Revista PETROTECNIA*, Abril, Volume LVI, pp. 50-60.
- Gil, S. & Prieto, R., 2013. ¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas. *Petrotecnia*, Dic., LIV(6), pp. 81-92.
- Gil, S. & y Otros, 1999. Modelo de Predicción de Consumo de gas natural en la República Argentina. *Petrotécnica (Revista del Instituto Argentino del Petróleo y del Gas)*, XL,(3), pp. Supl.Tec. 1-10.
- Gil, S. & y Otros, 2002. Modelo generalizado de predicción de consumos de gas natural a mediano y corto plazo I. *Gas & Gas - Pub. para la Industria Gasífera*, IV(48), pp. 24-30.
- Gil, S. & y Otros, 2004. Generalized model of prediction of natural gas consumption. *Journal of Energy Resources Technology*.
- Infobae, 2021. Entre 2002 y 2020 los subsidios a la energía sumaron USD 143.000 millones, más del triple que la deuda con el FMI. Issue 5/dic/2021.
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2022. *Min. Energía y Minería*.  
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia>
- Secretaría de Energía de la Nación, 2022. *Balance Energético Nacional - Argentina*.  
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>

- Secretaría de Energía de la Nación, 2022. *BALANCES ENERGÉTICOS - Argentina*.  
<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia/hidrocarburos/balances-energeticos>
- Souma, W., 2001. Universal Structure of the Personal Income Distribution. *Fractals*, Volume 09, p. 463.
- Wikipedia, 2022. *Log normal Distribution*.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Log-normal\\_distribution](https://en.wikipedia.org/wiki/Log-normal_distribution)
- Zavalía Lagos, R., Carrizo, S. & Gil, S., 2020. Eficiencia energética, una herramienta para mitigar la pobreza y las emisiones. *Petrotecnia*, LX(4/2020), pp. 95-98.
- Zavalía Lagos, R., Iannelli, L. M. & Gil, S., 2022. Anatomía del consumo residencial argentina. In: *Serie Futuros- Energía*. Buenos Aires: Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias y Fundación Unsam, p. 1444.
- Zavalía Lagos, R. & Otros, 2020. Eficiencia energética, una herramienta para mitigar la pobreza y las emisiones, Raúl Zavalía Lagos, Guillermina Jacinto y Silvina Carrizo y Salvador Gil. ISSN 0031-6598. *Petrotecnia*, LX(4), pp. 95-98.

## **ENERGY CONSUMPTION DISTRIBUTION IN THE RESIDENTIAL SECTOR- GAS AND ELECTRICITY CONSUMPTION FOR THE PROVINCE OF CÓRDOBA**

**ABSTRACT:** In this work, a study of the residential demand for gas and electricity in Argentina and in the province of Córdoba in particular is carried out. More specifically, it analyzes how residential users are distributed according to their energy consumption. For this, the data provided by the gas and electricity distributors was used, since this information arises from analyzing the billing databases of these services. Although consumption varies from region to region, there are common patterns that make it possible to characterize them analytically, so that it can be easily used for the development of various energy policies. In this sense, a methodology similar to that used in previous works is used. Likewise, this analysis allows visualizing the minimum amounts of energy necessary to provide a satisfactory and efficient energy service in the cities studied. It allows detecting opportunities to design programs for the rational and efficient use of energy. At the same time, it allows the users to reduce their cost of energy bills, while reducing greenhouse gas emissions, the saturation of gas and electricity transport systems, and the economic impact of energy subsidies on public accounts.

**Keywords:** Distribution of consumption, residential sector, natural gas, electricity, energy efficiency, Province of Córdoba.

## APÉNDICE A - DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL

El consumo de gas, al igual que el consumo eléctrico, o la distribución del ingreso en un país, tienen por lo general una distribución que puede describirse mediante la función *log-normal*. (Souma, 2001), (Battistin, et al., 2009). Una característica de esta función es que la variable  $y=\ln(x)$ , presenta una distribución normal con media  $m$  y desviación estándar  $\sigma$ . Más precisamente, la distribución de probabilidad de la variable  $x$  se puede expresar como (Modelo 1):

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x \cdot \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}. \quad (1)$$

Los parámetros  $\mu$  y  $\sigma$  son características de la distribución y determinan el *valor medio* de dicha distribución de  $x$ :

$$\text{ValorMedio}(x) = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}}. \quad (2)$$

La *varianza* y *desviación* estándar vienen dadas por:

$$\text{Var}(x) = [\text{Desv. Est.}(x)]^2 = (e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu + \sigma^2}. \quad (3)$$

Por su parte la *mediana* y *moda* de esta distribución son:

$$\text{Mediana}(x) = e^{\mu} \quad \text{y} \quad \text{Moda}(x) = e^{\mu - \sigma^2}. \quad (4)$$

En algunos casos, es necesario modificar ligeramente esta distribución para poder ajustar mejor los datos de distribución observada. Este fue el caso del consumo eléctrico en las ciudades de Córdoba analizadas.

La distribución log-normal modificada usada (Modelo 2) fue:

$$f(x, \mu, \sigma) = \frac{1}{x \cdot \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \frac{A}{\left(1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2\right)}. \quad (5)$$

Las constantes  $a$ ,  $\sigma$  y  $\mu$  se eligen de modo de ajustar los datos y la constante  $A$ , se determina a través de la normalización de la distribución, o sea que se cumpla:

$$\int_0^{\infty} f(x, \mu, \sigma) dx = \frac{A}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \frac{dx}{x \left(1 + \left(\frac{x}{a}\right)^2\right)} = 1. \quad (6)$$

Los resultados de este procedimiento se ilustran en la Figura 13.

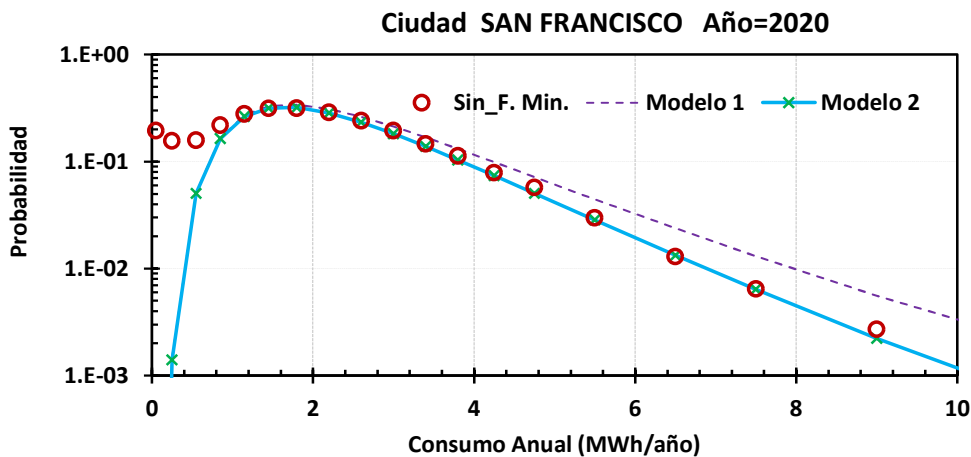


Figura 13: Distribución del consumo de electricidad en la Ciudad de San Francisco, para el año 2020. Ambos gráficos, el superior e inferior son los mismos. La escala vertical es semi logarítmica, donde pueden verse con mayor claridad los datos de menor magnitud. Los círculos representan los datos de consumo observados, la línea de trazos violeta corresponde al modelo 1 y la línea celeste el modelo 2.

A partir de esta distribución, es posible analizar cómo se distribuye tanto el número de usuarios con la energía que cada grupo usa. Ver Figura 14.

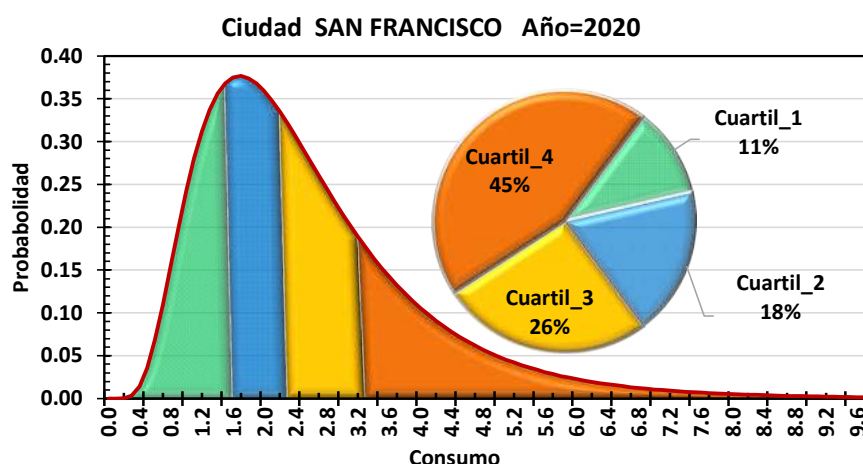


Figura 14: Distribución del consumo eléctrico para la ciudad de San Francisco para el año 2020. En el diagrama de torta se muestra como la energía eléctrica total de esta ciudad se distribuye entre los distintos cuartiles. En la distribución de consumo-usuario y la de energía, los cuartiles se muestran con el mismo color.

Los servicios energéticos tienen un impacto importante en el presupuesto de las familias, en particular en aquellas de recursos económicos medios y bajos. Por ello, resulta útil conocer cómo las familias usan la energía, para poder administrar y hacer un uso racional y eficiente de ella. Gestionar adecuadamente el uso de la energía evita sobresaltos a la hora de recibir las facturas de electricidad y de gas natural. Para poder administrar su uso, es necesario conocer cómo se la utiliza en nuestros hogares. Además, conocer los consumos domésticos es crucial para poder formular políticas tendientes a optimizar los consumos y reducir las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI).

## APÉNDICE B - ANATOMÍA DEL CONSUMO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

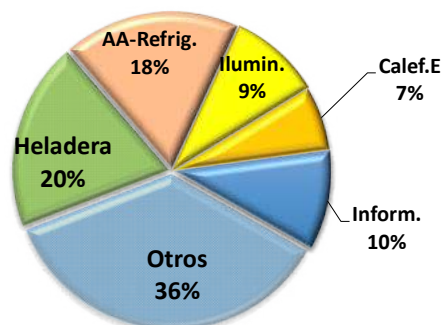
Para analizar la distribución de consumos eléctricos, se realizó un estudio de unas 200 viviendas, pertenecientes a familias del AMBA que participaron voluntariamente en este estudio, en las cuales se realizó una auditoría detallada de los consumos de cada electrodoméstico y las facturas de gas y electricidad a lo largo de un año. (Zavalía Lagos & Otros, 2020), (Zavalía Lagos, et al., 2022) La característica básica de esta muestra es que todas las viviendas estudiadas, tienen acceso a gas natural por redes, aunque también se analizaron una 150 viviendas sin acceso a las redes de gas natural.

Más allá de lo costoso en recursos y tiempo que estos estudios implican, como gran parte de estas auditorías se realizaron en tiempos de pandemia, nos limitamos fundamentalmente, pero no exclusivamente, a estudiar los consumos en viviendas de la Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) de distintos sectores socioeconómico: medio y bajo. Sin embargo, dado que las características de las viviendas, modos constructivos, y el tipo de artefactos que se usan en Argentina, son muy similares. De hecho, la mayoría de los fabricantes de artefactos domésticos distribuyen los mismos por todo el país. Los consumos energéticos de las familias en Argentina, pertenecientes al mismo sector socioeconómico, son muy similares, dentro de regiones bioclimáticas semejantes. Sin embargo, dado que el costo de la energía no es similar en las distintas regiones, en particular la electricidad, se observa que los consumos medios eléctricos si varían según sea el costo de este insumo. (Gastiarena & Otros, 2017).

El consumo eléctrico medio de la muestra fue de 4.3 MWh/año, que es comparable con los consumos medio de AMBA obtenido de los datos de consumo residencial de la Secretaría de Energía de la Nación. (Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina, 2022) Como se desprende de la Figura 16, el consumo eléctrico más importante en las viviendas de esta zona es el de las heladeras, representando un 20%±4% del consumo total eléctrico. En segundo lugar, aparece el aire

acondicionado para refrigeración (AA Refrigeración) con 18% y en tercer lugar la iluminación con 9% del total.

### Consumo Eléctr.=4.3MWh/año



Elect=24 %

Figura 15: Consumo eléctrico residencial medido en una muestra de 200 viviendas de nivel socioeconómico medio en la región del AMBA. AA-Ref. corresponde a refrigeración con aire Acondicionado y Calefac. E. significa calefacción eléctrica. Los 5 principales consumos eléctricos contabilizan el 63% del total.

El conjunto de los resultados de las mediciones de los consumos para estas 200 viviendas, se dividieron en cuatro cuartiles. Los resultados se resumen en la

Tabla 3. Asimismo, en la última columna se indica los consumos que se realizan satisfaciendo los servicios básicos en su modo habitual, con los equipos más comunes del parque de artefactos (BAU) como así también los consumos logrados con equipos eficientes (clase A en el etiquetado de eficiencia energética) (Eficiente) y haciendo un uso racional de los mismos.

Tabla 3. Resultados de las mediciones de los consumos para estas 200 viviendas con acceso a gas natural, divididos en cuatro cuartiles según su consumo. (Zavalía Lagos & Otros, 2020) Las líneas sombreadas en amarillo corresponden a los consumos de gas natural. Las siguientes al consumo de electricidad. Todos los consumos están expresados en kWh/año. Los consumos BAU son los valores medios mínimos de cada consumo, con equipos característicos del parque de artefactos existentes. Los BAU son los consumos obtenidos con equipos eficientes

	Primer Cuart	Seg. Cuart	Terc. Cuart	Cuart. Cuart	Promedio	BAU	Eficiente	
Calef.	1,000	3,857	7,334	14,936	6,291	3,857	2,491	Claves
ACS	820	2,217	3,356	7,815	3,297	2,217	2,217	
Pasivos	987	2,072	2,478	4,887	2,443	2,072	0	
Cocción	514	1,069	1,461	3,728	1,497	1,069	1,069	
Heladera	361	598	835	1,800	843	700	320	
AA-Refrig.	41	215	571	2,477	788	741	318	
Ilumin.	75	190	372	2,500	405	171	85	
Calef.E	12	54	216	1,922	286	58	58	
Inform.	40	59	213	1,060	445	166	166	
Otros	173	537	1,317	4,806	1,554	760	522	
ACS_EE	2,550	2,800	3,500	4,500	3,500	3,000	2,550	
Consumo Eléctr. (MWh/año)	0.70	1.65	3.52	14.56	4.32	2.60	1.47	
Cons. Total (MWh/año)	4.0	10.9	18.2	45.9	17.8	11.8	7.2	

Como se ve en la tabla anterior, los consumos eficientes pueden ser alrededor de 65% menores que los consumos medios. En la Figura 17 se muestran los consumos energéticos medios y eficiente en una vivienda típica en la zona central de Argentina.

## CONSUMOS ENERGÉTICOS CLAVES

En los hogares argentinos y de muchos países en regiones templadas, los principales consumos en las viviendas son los asociados al acondicionamiento térmico (calefacción y aire acondicionado), ACS + Piloto, cocción, heladera e iluminación. En Figs 15 y 16 se ilustran los principales consumos energéticos de una vivienda media del AMBA y posiblemente de la región central y norte de Argentina, en el año 2020. Los servicios de calefacción y calentamiento de agua (incluyendo los pasivos o pilotos) constituyen más del 67% de los consumos energéticos de una vivienda típica del AMBA, es decir aquella de unos 3.3 habitantes y  $65 \pm 10 \text{ m}^2$  de superficie cubierta. Si se agregan los servicios cocción, heladera, iluminación y refrigeración (aire acondicionado), representan el 86%. A estos 7 servicios energéticos, los designamos **consumos claves**.

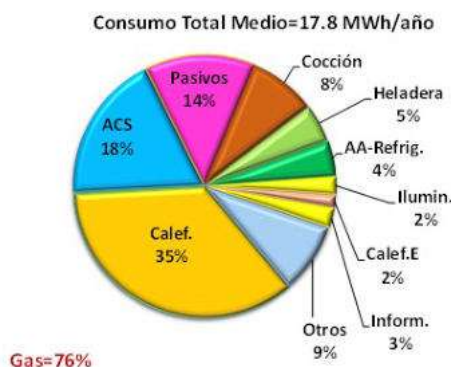


Figura 16: Consumo energético (electricidad y gas) en el sector residencial medido en una muestra de 150 viviendas en los años 2018-2021. Para una vivienda promedio, conectada a la red de gas natural, en promedio el 24% del consumo energético es eléctrico y el 76% es de gas. Los consumos claves constituyen el 86% del consumo total.

Un hecho notable, es que si en este conjunto de 7 *consumos claves*, se toman medidas de Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE), es decir se busca obtener los mismos beneficios y servicios energéticos, usando racionalmente estos servicios, con equipos más eficientes, es posible reducir estos consumos en un factor 2. Ver Figura 17.

En la Figura 17 se muestran los consumos eléctricos medios de viviendas de familias de extracción social media del AMBA con acceso a gas natural por redes. A la izquierda se ven los principales consumos eléctricos promedio en toda la muestra y a la derecha los de familias que poseen equipos claves eficientes y hacen un uso racional de los mismos. Como se ve, para obtener los mismos servicios, algunas familias usan menos de la mitad de la energía eléctrica para satisfacer sus necesidades. En otras palabras, es posible con medidas de uso racional y eficiente reducir en una proporción importante (del orden del 66%) los consumos domésticos promedios, adoptando estas pautas.

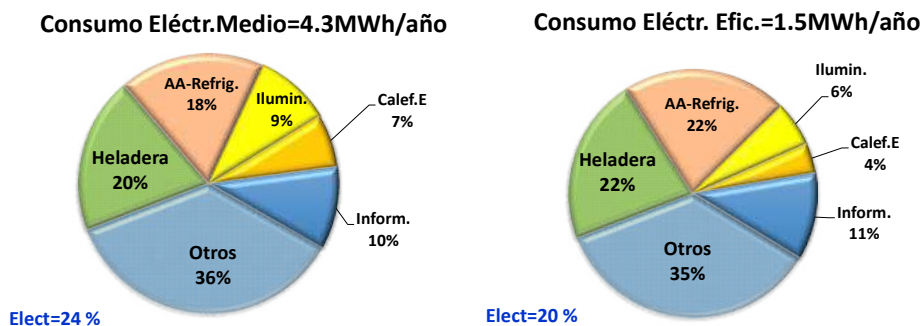


Figura 17: Consumo eléctrico de viviendas con acceso a gas natural. A la izquierda se muestra la distribución media de los principales consumos eléctricos de toda la muestra. A la derecha los consumos de viviendas con los mismos servicios, pero con equipos y usos eficientes. El porcentaje que constituyen los consumos claves eléctricos, están indicados en cada caso. Es muy posible lograr reducciones de más del 65%.