

## CONSUMO ELÉCTRICO DE 75 VIVIENDAS DE UN BARRIO DE INTERÉS SOCIAL EN LA PAMPA

S. Flores-Larsen<sup>1</sup> y C. Filippín<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO) - Universidad Nacional de Salta – CONICET, Avenida Bolivia 5150, (4400) Salta, Argentina; seflores@unsa.edu.ar

<sup>2</sup> CONICET, CC302 Santa Rosa, (6300) La Pampa, Argentina; cfilippin@cpenet.com.ar

*Recibido: 26/06/2021; Aceptado: 15/07/2021.*

**RESUMEN.-** En Argentina las políticas de construcción de viviendas de interés social se han enfocado en reducir el déficit cuantitativo y no cualitativo de las mismas, por lo que su calidad térmica suele ser deficiente, lo cual incrementa su consumo energético. Analizar estos consumos permite cuantificar el impacto de posibles mejoras y comprender la dinámica e impacto de los usuarios. Por otra parte, si el estudio se realiza en un conjunto de viviendas idénticas bajo las mismas condiciones climáticas, es posible comparar orientaciones y patrones de uso de las viviendas. El presente artículo analiza el consumo de electricidad de 75 viviendas del barrio “Santa María de Las Pampas” en la ciudad de Santa Rosa, para un periodo de 11 años (2008-2018), a partir de datos provistos por la cooperativa de electricidad. Se estudia el consumo anual, mensual y para los meses de verano (enero), discriminando según las orientaciones y el uso de aire acondicionado (AA). El análisis se completa con la evolución del costo de la energía eléctrica en el periodo y el acceso a los distintos tipos de subsidios implementados por los gobiernos nacional y provincial. Se encontró que las viviendas sin AA consumen en verano 4.7 kWh/m<sup>2</sup>-mes, mientras que aquellas con AA consumen 7.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes en promedio, en las que un 35% del consumo total se destina a refrigeración por aire acondicionado. Sin embargo, también se encontró que solamente un 14% de las viviendas alcanzaron el confort térmico, debido a que el consumo eléctrico cubrió sólo el 46% del consumo necesario para mantener la vivienda confortable, probablemente debido a que las familias no pueden afrontar los costos de la energía eléctrica. En cuanto a la orientación, en verano una vivienda hacia el Oeste consume alrededor de un 23% más que la misma vivienda orientada hacia el Este debido a la contribución de la ganancia solar directa. Además, cuando ocurren eventos de calor extremo, el consumo eléctrico se incrementa en un 30%, lo cual debiera ser previsto por las compañías de distribución de energía para evitar cortes de suministro por el pico de demanda.

**Palabras claves:** vivienda social, consumo eléctrico, consumo de refrigeración, confort térmico

## ELECTRICITY CONSUMPTION OF 75 HOUSES IN A NEIGHBORHOOD OF SOCIAL INTEREST IN LA PAMPA

**ABSTRACT.-** In Argentina, the policies for the construction of low-income housing have focused on solve the quantitative deficit disregarding the qualitative aspects. Thus, their thermal quality is usually deficient, which increases their energy consumption. The analysis of these consumptions allows to quantify the impact of possible energy retrofits and understand the dynamics and impact of users. On the other hand, if the study is carried out in a group of identical houses under the same climatic conditions, it is possible to compare orientations and patterns of use of the houses. This article analyzes the electricity consumption of 75 homes in the “Santa María de Las Pampas” neighborhood in the city of Santa Rosa, for a period of 11 years (2008-2018), based on data provided by the electricity cooperative. Annual and monthly consumption and for the summer months (January) are studied, with comparisons between the different orientations and the use of air conditioning (AA). The analysis is completed with the evolution of the cost of electric power in the period and the access to the different types of subsidies implemented by the national and provincial governments. It was found that homes without AA consume 4.7 kWh / m<sup>2</sup>-month in summer, while those with AA consume 7.2 kWh / m<sup>2</sup>-month on average, in which 35% of the total consumption is destined to air cooling. However, it was also found that only 14% of the homes reached thermal comfort, because electricity consumption covered only 46% of the consumption necessary to keep the home comfortable, probably because families cannot afford the costs. of electrical energy. Regarding orientation, in summer a house facing the West consumes about 23% more than the same house facing East due to the contribution of direct solar gain. In addition, when extreme heat events occur, electricity consumption increases by 30%, which should be foreseen by energy distribution companies to avoid supply cuts due to peak demand.

**Keywords:** social housing, electricity consumption, cooling consumption, thermal comfort.

## 1. INTRODUCCIÓN

El derecho a la vivienda es reconocido a nivel internacional como una de las dimensiones mínimas indispensables para garantizar la dignidad humana (ONU, 2010) y reconocida como parte del derecho a un nivel de vida adecuado en la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948 y en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de 1966. Se trata de una condición que forma parte del “mínimo vital” o el estándar mínimo de bienestar de un individuo, ya que el entorno físico en el que se desarrolla una persona influye en su calidad de vida y desarrollo sociocultural, así como en el pleno ejercicio de sus libertades. A pesar del lugar fundamental que ocupa este derecho en el sistema jurídico mundial, el número de personas que no cuentan con una vivienda adecuada excede holgadamente los 1.000 millones. Millones de personas en todo el mundo viven en condiciones peligrosas para la vida o la salud, hacinadas en asentamientos improvisados, o en otras condiciones que no respetan sus derechos humanos ni su dignidad.

En Argentina como en otros países periféricos, el surgimiento de la vivienda social se vio asociado a las migraciones del campo a la ciudad (debido al incremento de la producción industrial) y a las inmigraciones de países europeos. El Estado a través de los institutos provinciales es el principal productor de vivienda social, actuando sin una acabada racionalidad energética. Sin embargo, en Latinoamérica las políticas para vivienda social se han enfocado en reducir el déficit cuantitativo y no cualitativo de las mismas (Rodríguez y Sgranyes, 2004). La mayor cantidad de unidades de viviendas se construyen con una reducida inversión, por lo que presentan baja calidad constructiva. Se registran carencias en su adecuación al clima; en su tecnología constructiva; en la orientación de sus espacios habitables; el asoleamiento y el control solar; tipos y localización de aberturas; iluminación natural y ventilación natural o selectiva; o la incorporación de sistemas pasivos. Los conjuntos habitacionales sociales, en Argentina, se conforman a partir de viviendas individuales que responden a prototipos que se repiten en el territorio sin tener en cuenta los contextos climáticos, culturales, tipo y cantidad de usuarios, construcción progresiva de la vivienda, espacios de trabajo alternativos y actividad productiva. Esta situación trae aparejadas dificultades de habitabilidad a largo plazo y, como consecuencia, se presentan problemas en la salud de sus habitantes, los que en general responden a sectores sociales de menores ingresos.

Dicha realidad genera la necesidad de un mantenimiento constante, debido a la presentación de patologías de la construcción, como por ejemplo la condensación superficial e intersticial en invierno. Asimismo, la falta de aislaciones térmicas en la envolvente, junto con el mal comportamiento de uso por parte de los usuarios, y el uso masivo de calefactores de baja eficiencia (Juanicó y González, 2008a, 2008b), explican los altos consumos de energía que se pueden registrar. Otros autores también han advertido muy altos consumos de gas natural en calefacción y de las deficiencias térmicas en viviendas en diferentes regiones del país, tales como La Plata (Czajkowski *et al.*, 2008), Buenos Aires (Garganta *et al.*, 2014), Río Grande (Díaz y Czajkowski, 2008), Bariloche (Andersen *et al.*, 2017), Comodoro Rivadavia (Mercado *et al.*, 2008), San Juan (Blasco Lucas *et al.*, 2000) y Tucumán (Martinez, 2004). En Mendoza, Mitchell y Acosta (2009) concluyen en su que las tipologías compactas de vivienda social son las que tienen una menor

demanda de consumo de calor auxiliar, siguiéndole las tipologías semiabiertas y por último las tipologías abiertas. Los exponenciales aumento tarifario del gas natural en red a partir de 2016, junto con la alta dependencia del uso de combustibles en el sector residencial, principalmente en el período invernal, plantean un panorama alarmante a la hora de mantener las condiciones de confort y habitabilidad requeridas en las viviendas.

En el verano la situación no es menos complicada. El incremento de la intensidad, duración y frecuencia de los periodos de calor extremo como consecuencia del cambio climático ya está siendo sufrida en todo el mundo. Sin ir más lejos, la ola de calor de Junio-Julio de 2021 en América del Norte fue la más intensa de la que se tiene registro, con temperaturas que alcanzaron los 49,6°C en Canadá, con más de 400 muertos (WMO, 2021). Antes del inicio de la ola de calor, la máxima temperatura alcanzada en Canadá había sido de 45 grados en 1937. En la región escasean los aparatos de aire acondicionado y los ventiladores porque nunca fueron necesarios. Las ciudades han abierto lugares especiales para que los ciudadanos se refresquen, se han anulado las campañas de vacunación contra el COVID-19 y hubo escuelas que cerraron. Un poco antes, en Junio de 2019, el Servicio de Cambio Climático de Copernicus declaró que fue el mes más caluroso registrado en el hemisferio norte, afectando notablemente al continente europeo (C3S, 2020). En Argentina, la ola de calor de 2013 (desde el 11 de diciembre de 2013 hasta el 2 de enero de 2014) fue una de las más largas desde 1906: afectó al menos a 52 ciudades, algunas de ellas alcanzando los 45.5 °C, y provocó un aumento significativo de la mortalidad (Giambartolomei, 2013), particularmente entre las personas mayores de 60 años (Chesini *et al.*, 2018). En el verano 2020/2021, Santa Rosa alcanzó los 37.4°C en la ola de calor de fines de enero de 2021 (SMN, 2021). Los grupos de riesgo son los niños y los ancianos, en los que se producen incrementos de mortalidad y aumento de problemas de salud que se exacerban en estos periodos extremos. Por otra parte, esta situación puede afectar sensiblemente a la demanda de electricidad, puesto que bajo condiciones térmicas extremas la elevada demanda eléctrica debido al uso de aire acondicionado puede ocasionar severos problemas a la red de distribución en centros urbanos densamente poblados (3CN, 2015) y cortes de suministro, como ya ocurrió en varias ocasiones.

La solución convencional de utilizar aire acondicionado (AA) es muy eficaz para proveer un ambiente interior más confortable. Sin embargo, no es sostenible en absoluto (Maller y Strengers, 2011) por tres razones: porque los AA pueden no estar disponibles o ser económicamente inaccesibles para la población de bajos ingresos, porque su uso conlleva un mayor consumo de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> con efectos negativos sobre el medio ambiente, la calidad del aire y la salud humana (de Vera, 2018), y porque podrían quedar inoperantes durante los cortes de energía que son más frecuentes durante los días más calurosos, cuando la demanda es máxima. En ese caso, como enfatizan Maller y Strenger (2011), los hogares vulnerables que dependen del aire acondicionado durante eventos relacionados con el calor quedarán más vulnerables si ocurren apagones. Situaciones similares fueron reportadas por investigadores en otras regiones del mundo (Bélanger *et al.*, 2015; Hatvani-Kovacs *et al.*, 2016b; Maller and Strengers, 2011; Sánchez *et al.*, 2018).

En Argentina existen antecedentes importantes de trabajos de investigación que han reportado los consumos energéticos de viviendas sociales, los cuales en general incluyen gas y electricidad. En Corrientes y Resistencia, un estudio de 10 tipologías de viviendas sociales (tanto estatales como privadas) permitió estimar el consumo eléctrico anual en 4.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes (promedio) y concluyó que este valor no permitió cubrir las necesidades de refrigeración de las viviendas (Alfías y Jacobo, 2011). En Tierra del Fuego, un estudio del consumo de gas y electricidad de 20 viviendas de interés social demuestra que los usuarios alcanzan condiciones de bienestar por medio de un hiperconsumo en el consumo de gas para calefacción, debido en parte al alto porcentaje de subsidios (Díaz y Czajkowski, 2008). De este trabajo, se puede extraer el consumo eléctrico promedio mensual de las viviendas, el cual ronda los 15.8 kWh/m<sup>2</sup>-mes. En el área metropolitana de Buenos Aires, un estudio de 6182 viviendas (casas y departamentos) estima el consumo de electricidad de los hogares a partir de un modelo empírico, dependiendo de sus características socio-económicas y de equipamiento y localización (Hancevic y Navajas, 2013). En AMBA, el promedio de consumo es de 490.2 kWh/bimestre y el 41% de los hogares de la muestra consume menos de 300 kWh. El estudio concluye que no es tan importante el nivel de ingreso como la falta de acceso al gas natural, lo cual conlleva a ineficiencias en el consumo de electricidad, resaltando el impacto del consumo de aires acondicionados.

En La Pampa se realizaron estudios de consumo energético y comportamiento térmico en edificios de departamentos (Filippín y Flores Larsen, 2009) y en viviendas unifamiliares (Filippín y Flores Larsen, 2012; Filippín *et al.*, 2017, Flores Larsen *et al.*, 2019). En Filippín *et al.* (2009) se estudió el consumo eléctrico de verano de cuatro viviendas unifamiliares con orientaciones diferentes para el periodo 2000-2009 y se realizó un monitoreo detallado durante enero de 2010, encontrándose que los usuarios no estuvieron en confort térmico y que el consumo de refrigeración corresponde al 35% del consumo eléctrico total de las viviendas. En Filippín *et al.* (2017), se estudió el consumo de gas y electricidad de 10 viviendas unifamiliares (área útil promedio 75.2 m<sup>2</sup>) durante 50 años (1960-2010) y se encontró que el consumo de electricidad y gas corresponden al 12% y 88%, respectivamente, del consumo total de la vivienda. El consumo de refrigeración en verano es del orden de 4 kWh/m<sup>2</sup>, valor que según las predicciones, se puede incrementar hasta 19.9 kWh/m<sup>2</sup> hacia 2039 debido al aumento de temperatura producido por el cambio climático. Por otra parte, en Flores Larsen *et al.* (2019) se tomó la tipología de vivienda que se estudia en el presente artículo para evaluar el consumo de calefacción y refrigeración actual y futuro (2050 y 2080) en cuatro localizaciones diferentes del país (Santa Rosa, Mendoza, Córdoba y Orán). Se concluyó que en un año típico actual, la vivienda tiene una carga térmica de 295 kWh/año en Santa Rosa (564 en Mendoza, 149 en Córdoba y 968 kWh/año en Orán), la cual se verá incrementada en 2.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes por cada aumento de 1°C en la temperatura media mensual en verano. Finalmente, en Flores Larsen y Filippín (2021) se estudió el impacto de las altas temperaturas en la sensación térmica de los habitantes de las viviendas del barrio abordado en el presente trabajo, y correlacionado con las estadísticas de consultas médicas a las guardias del hospital más cercano durante los períodos calurosos. Se encontró que las temperaturas en el interior de las viviendas alcanzan los 33°C (catalogado según el Índice de Calor como “Precaución Extrema” por los riesgos a la salud) y que en las guardias del hospital hubo un incremento de un 33% en las

consultas de adultos durante los períodos calurosos y que en el caso de los niños el incremento de consultas se dio 48 horas antes del inicio de los episodios de calor.

De la revisión realizada, se observa que el contexto climático, social, de acceso a subsidios y de acceso a la red de distribución de gas (que produce un incremento de consumo eléctrico para calefacción en los meses de invierno) y las diferencias constructivas de las viviendas hace que los consumos no sean totalmente comparables. Por otra parte, los artículos mencionados incluyen los consumos de viviendas de características similares, aunque no idénticas constructivamente. El consumo eléctrico de barrios con viviendas idénticas permite estudiar las diferencias de consumo en base al comportamiento de los usuarios y equipamiento disponible, descartando los efectos del diseño y materiales de la envolvente en las diferencias entre viviendas.

En este contexto, el objetivo de este trabajo es estudiar el consumo de electricidad de un barrio de viviendas de interés social en un periodo de 11 años (2008-2018), con foco en el consumo eléctrico en verano. El caso de estudio es un barrio de 360 viviendas en la ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa. Se estima el consumo promedio anual de electricidad, la variación estacional e interanual del consumo y el consumo destinado a refrigeración (aire acondicionado) en el verano (enero). En particular, se analiza el caso de enero de 2018, en que ocurrieron dos períodos extensos de temperaturas extremas. También se analiza la influencia de la orientación de las viviendas y el impacto de los equipos de aire acondicionado en el consumo eléctrico. El análisis se completa con la evolución del costo de la energía eléctrica en el periodo y el acceso a los distintos tipos de subsidios implementados por los gobiernos nacional y provincial.

## 2. MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Lugar y clima.

La ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa, es una ciudad intermedia, con una acelerada expansión, en consecuencia, el radio urbano se reordena, permanentemente, por cambios en el uso y valor del suelo, que desplaza y reorganiza las actividades económicas y residenciales. La expansión de las ciudades intermedias aceleran también los procesos de fragmentación socio-espacial: se reconfiguran centralidades, se redistribuyen las funciones y valores del suelo urbano consolidado con mejoras y servicios, y se reubican los emprendimientos estatales de vivienda social, en las áreas de menores potencialidades para lograr un hábitat digno (Sardi y Ermini, 2019).

La ciudad de Santa Rosa (-36.57°S, -64.27°W, 191m s.n.m.) tiene un clima clasificado como Cwa (subtropical con invierno seco y verano cálido) según la clasificación climática de Köppen (Rubel *et al.*, 2017) y zona IIIa (templado cálida con amplitudes térmicas mayores a 14°C) según la clasificación bioambiental de la Argentina (Norma IRAM Norm 11603/11). La Figura 1 muestra algunos de los valores climatológicos medios para el periodo 1981-2010 (SMN, 2021b).

El mes de enero es históricamente el más cálido del año y por esta razón se lo selecciona como el mes representativo de las condiciones de verano. Además, en enero ocurren con mayor frecuencia las olas de calor, las cuales tienen principalmente

una duración de 3 días, según el Servicio Meteorológico Nacional. Dicho organismo define la ocurrencia de una ola de calor cuando las temperaturas máximas y mínimas superan o igualan, por lo menos durante 3 días consecutivos y en forma simultánea, los valores umbrales de temperatura máxima y mínima que dependen de cada localidad (percentil 90 del semestre cálido octubre-marzo). Para Santa Rosa Aero los valores umbrales estimados por el Servicio Meteorológico Nacional a partir del período 1961-2010 son 34.5 y 18.6, respectivamente. La temperatura más alta registrada en Santa Rosa fue de 44.9°C (17 de enero de 2014).

La Figura 2 muestra el incremento del número de días con temperaturas máximas mayores al percentil 90 en los meses de enero (1961-2021) en los últimos 60 años. Se observa una marcada variabilidad interanual, pero con una tendencia

general al incremento de 0.6%/10 años (CRC, 2021). En particular, los años de 2009, 2012, 2014 y 2018 presentaron eventos con temperaturas máximas mayores al umbral de 34.5°C para la localidad (CRC, 2021). Se mencionan estos años por estar comprendidos dentro del periodo analizado en el presente artículo. Algo similar ocurre con las temperaturas mínimas, en las que el incremento es más pronunciado (2.1%/10 años). Por otra parte, la Figura 2 (b) muestra el número de días de verano anuales (definidos como aquellos en los que la temperatura máxima supera los 25°C) para el periodo 2008-2020, con valores que oscilan entre 141 y 181 días por año. Llamativamente, si bien enero de 2014 fue en extremo caluroso, la figura muestra que los meses restantes no lo fueron tanto, por lo que el año 2014 registra uno de los números de días de verano más bajos de la serie.

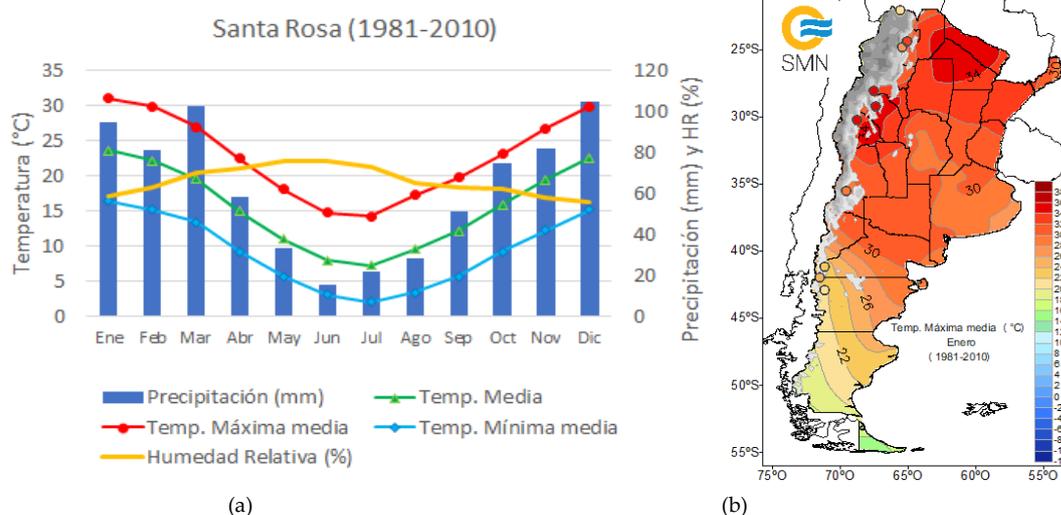


Fig. 1: (a) Valores climatológicos medios para el periodo 1981-2010 para Santa Rosa: temperatura máxima media, media y mínima media, humedad relativa (%) y precipitación (mm). (b) Temperatura máxima media en enero para el periodo 1981-2010. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional ([www.smn.gob.ar](http://www.smn.gob.ar)).

Temperatura máxima > percentil 90 (Enero)  
Santa Rosa Aero, AR (87623)

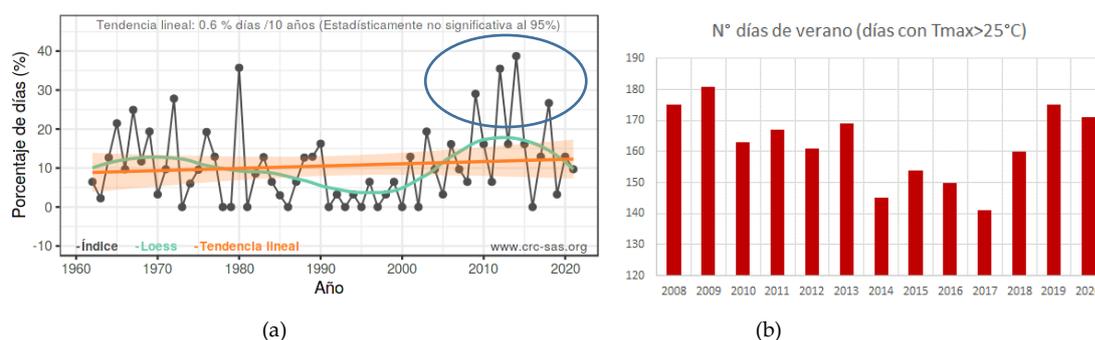


Fig. 2: (a) Porcentaje de días (%) con temperatura máxima superior al umbral (percentil 90 = 34.5°C) en los meses de enero del periodo 1961-2021 (CRC, 2021). En círculo, los años con mayor porcentaje de días superiores al umbral (2009, 2012, 2014, 2018). (b) Número de días de verano por año en el periodo 2008-2020.

## 2.2. Descripción de la situación social del barrio.

En este estudio se seleccionó el barrio “Santa María de Las Pampas”, en el noreste de la ciudad de Santa Rosa como un barrio representativo de los sectores vulnerables (Figura 3). La selección se realizó en base al análisis del índice de calidad de vida (ICV) a nivel barrial, que toma valores entre 1 y 10, en donde 1 corresponde al 10% de los radios censales con la mejor calida de vida y 10 corresponde al 10% de los radios

censales con peor calidad de vida. Este índice tiene en cuenta factores socioeconómicos (educación, salud y vivienda), factores medioambientales (contaminación, acceso a los recursos recreativos naturales o culturales), asentamientos precarios y riesgo de catástrofes naturales. El ICV se puede consultar en el Mapa Argentino de Índice de Calidad de Vida ICV (Velazquez, 2019), desarrollado por investigadores del Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales

(IGEHCs) y el Instituto Superior de Ingeniería de Software de Tandil (ISISTAN), ambos pertenecientes a la Universidad Nacional del Centro de Buenos Aires y al CONICET. La Figura 3 (b) muestra el mapa del ICV para la ciudad de Santa Rosa. Se observa que el barrio “Santa María de Las Pampas” presenta un ICV=6.52. En contraposición, en el centro de la ciudad ICV presenta valores entre 8 y 8.7, indicando que el barrio analizado presenta peores situaciones socioeconómicas y ambientales que el resto de la ciudad. El 97% de las viviendas de este barrio se ubican por debajo de la línea de pobreza según el Ministerio de Desarrollo Social de la provincia de La Pampa. Por esta razón, un 41% de las viviendas de este barrio están beneficiadas con subsidios a la energía eléctrica a través de la tarifa social implementada por el Programa de Asistencia Social de la Provincia (decreto

266/19). En diciembre de 2015 se eliminaron los subsidios, con lo que el costo de la energía comprada se incrementó 10,87 veces (CPE, 2018), es decir, 987% entre 2015 y 2018. En Febrero de 2016 se inició el Plan Estímulo al ahorro de energía, para incentivar el uso racional de la energía con una bonificación a quienes consumían menos que en el año 2015 (el interés por el uso racional de la energía pareció desaparecer tres años más tarde ya que en Febrero de 2019 se dio de baja el Plan). Estas situaciones influyen en los consumos eléctricos. A partir de Diciembre de 2018, al eliminarse el Programa Nacional Tarifa Social, quienes contaban con subsidios a través del mismo pasaron a recibirlos a través del Programa Asistencia Social Pampeana que actualmente continúa vigente (Ministerio de Desarrollo Social de La Pampa, 2021).

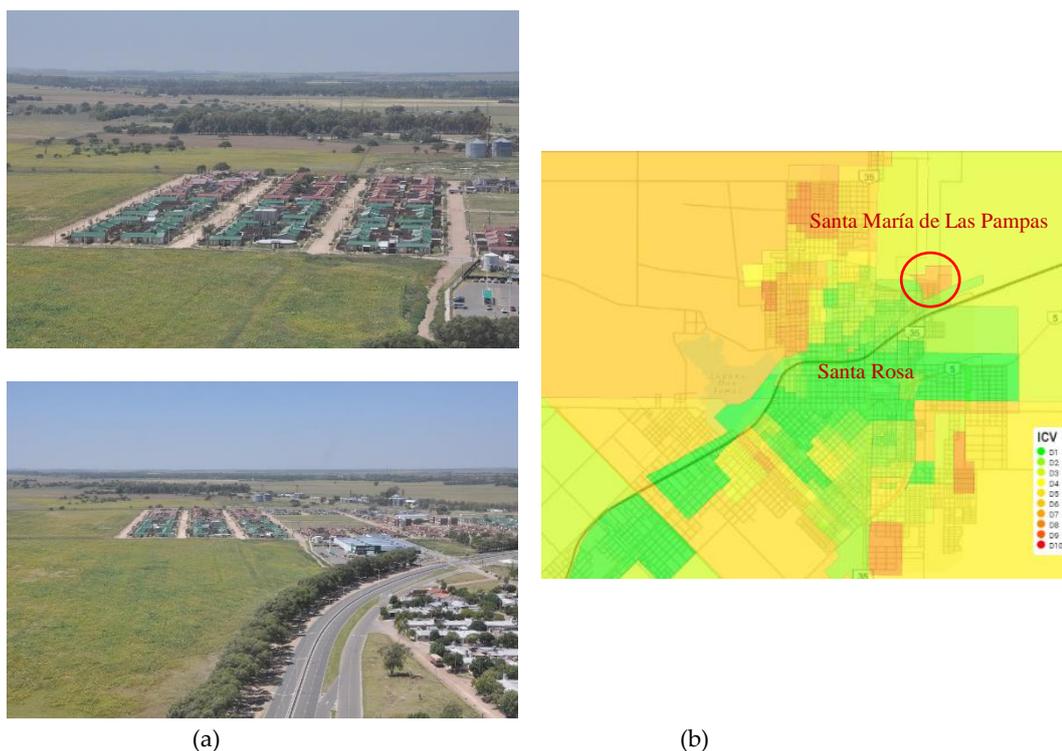


Fig. 3: (a) Vistas aéreas del barrio “Santa María de Las Pampas”, en Santa Rosa; (b) Mapa del Índice de Calidad de Vida (ICV) de la ciudad de Santa Rosa. Fuente: <https://icv.conicet.gov.ar/>

### 2.3 Descripción de las viviendas en estudio.

El barrio consiste de 360 casas unifamiliares apareadas, con alrededor de 1302 habitantes. Fue construido por el Instituto Provincial de la Vivienda en 2007. Las calles están orientadas siguiendo exactamente los cuatro puntos cardinales y cada manzana contiene 20 casas (6 orientadas con su ingreso hacia el Norte, 6 al Sur, 4 al Este y 4 al Oeste), como muestra la Figura 4. Cada vivienda cuenta con una superficie cubierta de 50.74 m<sup>2</sup> y consta de dos dormitorios, un living, una cocina y un baño. Se entregaron originalmente con un calefactor a gas en el living, pero con el transcurso de los años los usuarios adquirieron equipos de aire acondicionado, que se instalaron en su gran mayoría en el living. Una inspección visual realizada a fines de 2014 mostró que 53% de las viviendas no disponían de aire acondicionado.

En cuanto a los materiales de la envolvente, los muros exteriores son de ladrillo cerámico hueco de 18cm de espesor

revocados en ambas caras (transmitancia térmica  $K=1.47$  W/m<sup>2</sup>K según Norma IRAM 11601), los muros internos son de ladrillo cerámico hueco de 12 cm de espesor revocados en ambas caras ( $K=1.76$  W/m<sup>2</sup>K) y el techo es de chapa (verde o roja) con aislante térmico (38 mm de lana mineral) y cielorraso de machimbre ( $K_{techo}=0.44$  W/m<sup>2</sup>K). Las aberturas son de aluminio, con vidrio simple y postigones metálicos ( $K=5.82$  W/m<sup>2</sup>K). El área vidriada total (6m<sup>2</sup>) respecto del área de piso es de alrededor del 12%. El piso consiste de un contrapiso de hormigón de 10 cm de espesor y terminación con revestimiento cerámico. Según la Norma IRAM 11605, para la temperatura de diseño de Santa Rosa (TDMN=-6°C) en invierno los muros exteriores no verifican el nivel C (nivel “Mínimo”,  $K_{MAX ADM}<1.39$  W/m<sup>2</sup>K) mientras que los techos sí verifican el nivel B (nivel Recomendado”,  $K_{MAX ADM}<0.48$  W/m<sup>2</sup>K). En verano, los muros exteriores verifican el nivel C y el techo verifica el nivel B.

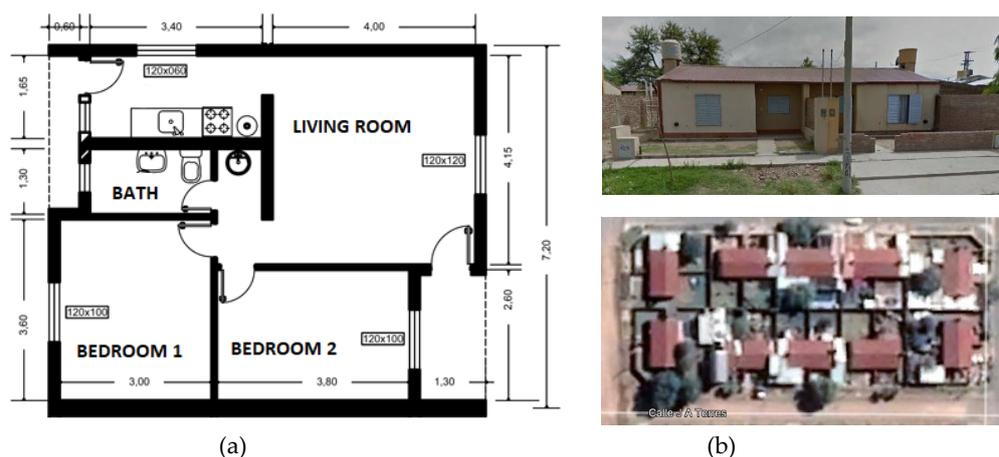


Fig. 4: (a) Planta de las viviendas, de 50.74m<sup>2</sup>; (b) Vista de las casas apareada (arriba) y orientación de las 20 casas en la manzana (abajo), en donde se observa que 12 casas están orientadas con sus ingresos en sentido Norte/Sur y 8 en sentido Este/Oeste.

La base de datos utilizada fue provista por la Cooperativa Popular de Electricidad, Obras y Servicios Públicos de Santa Rosa Ltda. Consiste en el consumo eléctrico mensual entre los años 2008 y 2018 de 75 viviendas pertenecientes al barrio “Santa María de Las Pampas”, las cuales fueron elegidas aleatoriamente.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Consumo eléctrico mensual y anual del barrio.

El análisis de la distribución anual de consumo se realizó promediando los consumos mensuales de todas las viviendas. Esto permite detectar variaciones de consumo a lo largo de los meses del año, como así también los periodos en los que el consumo es mayor. A continuación, se calcularon los consumos promedio por año y se calculó el consumo promedio histórico del periodo completo. El Anexo 1 contiene el consumo eléctrico promedio mensual y anual histórico, promediado en el periodo, para cada una de las viviendas, junto al análisis estadístico correspondiente (desvío standard DS y coeficiente de variabilidad CV).

La Figura 5 (a) muestra la distribución de los consumos eléctricos de todos los meses del periodo 2008-2018. El consumo se mantiene estable en los meses de Abril a Setiembre (4.1 kWh/m<sup>2</sup>-mes), con una suba en los meses de cálidos de Octubre a Marzo (5.0 kWh/m<sup>2</sup>-mes en promedio). En Diciembre y Enero, el consumo presenta sus valores más altos, con un incremento del 40% respecto del consumo en invierno debido al uso de los equipos de aire acondicionado. La Figura 5 (b) muestra la distribución de consumo eléctrico promedio mensual para todas las viviendas, considerando el periodo completo y realizando un promedio año por año. Se observa que el consumo mensual histórico más representativo se ubica alrededor de 4.1 kWh/m<sup>2</sup>-mes. Sin embargo, el análisis de la evolución temporal del consumo mensual (Figura 6) muestra un crecimiento sostenido entre 2008 y 2014, que luego se mantiene relativamente estable en los años siguientes, con el máximo histórico en los años 2014 y 2015. Este comportamiento de crecimiento paulatino podría explicarse por varios factores: la tasa de ocupación de las viviendas (entregadas a fines de 2007) fue creciendo paulatinamente, los habitantes realizaron una instalación progresiva de equipos de aire acondicionado (pasó de 0 a 47%

de viviendas con AA a fines de 2014). Por esta razón, tomar un consumo promedio de 4.1 kWh/m<sup>2</sup>-mes (2008-20018) no sería representativo, sino que el promedio debería realizarse para los últimos 5 años (2014-2018), en los que se observa una mayor estabilidad. En este caso, el promedio resultante es de 5.0 kWh/m<sup>2</sup>-mes, que corresponde a 60 kWh/m<sup>2</sup>-año. Debe tenerse en cuenta que este consumo no es el consumo total (electricidad+gas) de la vivienda, sino exclusivamente el consumo eléctrico.

La Figura 6 (b) muestra, a modo de comparación, el consumo promedio mensual residencial para toda la ciudad de Santa Rosa informado por la Compañía (CPE, 2019). En coincidencia con lo que ocurrió a nivel del barrio, en la ciudad la evolución del consumo muestra un periodo de menor consumo (2007-2013) y un incremento a partir de 2014 debido a dos razones: un 2.3% de crecimiento en el número de usuarios y un 7.6% de crecimiento en el consumo *por usuario* (CPE, 2015) respecto del periodo anterior, fomentado por un programa nacional que congeló la tarifa eléctrica a precios de diciembre de 2013, como se explica con más detalle en los apartados siguientes. El máximo histórico ocurrió en el periodo 2014/2015 en donde el consumo anual alcanzó los 2578 kWh/año (para una vivienda de 50.74 m<sup>2</sup>, este consumo correspondería a 4.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes, en coincidencia con la Figura 5 (b)). Es interesante observar que, en 2019, el consumo cayó significativamente (8.6%) respecto del año anterior, a pesar de que el número de usuarios creció 2.8% en el mismo periodo y a que la temperatura máxima el día en que se produjo el pico de consumo (35.6°C el 28 de enero de 2019) fue solamente 1.5°C menor a la del periodo anterior. En consecuencia, la reducción de la demanda máxima no puede adjudicarse a un verano menos caluroso. Este comportamiento tampoco responde a políticas públicas orientadas al uso racional de la energía, puesto que el Plan Estímulo al Ahorro de Energía primero se redujo en su alcance y después desapareció (en enero de 2019). Una explicación más certera es la de que este descenso de consumo es una manifestación de la situación económica general y podría ser el efecto de la política de precios que, como se verá más adelante, se incrementó en el Mercado Eléctrico Mayorista y se trasladó consecuentemente al usuario final.

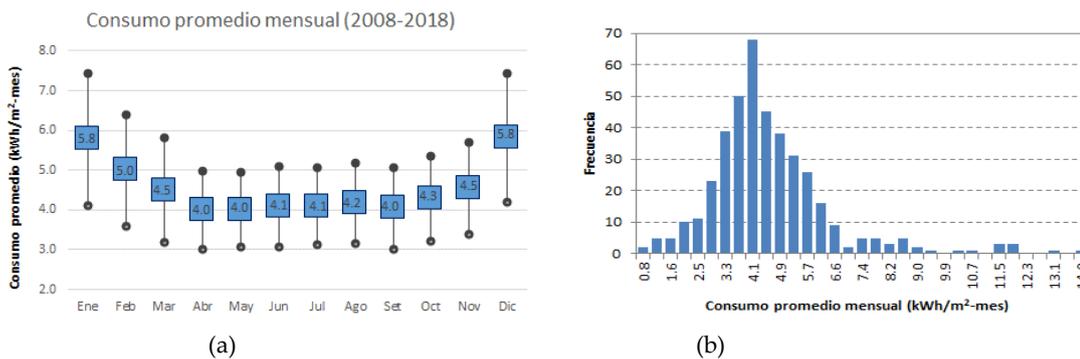


Fig. 5: (a) Distribución del consumo promedio mensual para el periodo 2008-2018. Se observa un incremento promedio de un 20% en los meses más cálidos. Consumo eléctrico promedio mensual (kWh/m²-mes) para los meses de los años comprendidos en el periodo 2008-2018, considerando todas las viviendas de la muestra.

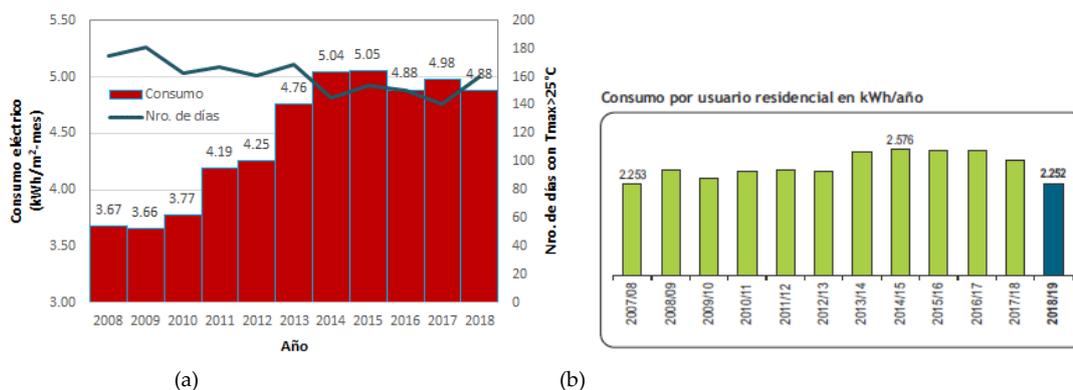


Fig. 6. (a) Promedio anual del consumo medio mensual (kWh/m²-mes) de las 75 viviendas del barrio Santa María de Las Pampas. Se muestra también el número de días de verano por año (aquellos con temperatura máxima diaria >25°C). (b) Promedio anual del consumo medio mensual (kWh/m²-mes) para los usuarios residenciales de la ciudad de Santa Rosa (CPE, 2019). El periodo se mide entre Julio de un año y Junio del año siguiente.

### 3.2. Consumo eléctrico para refrigeración en enero.

Para estudiar el consumo eléctrico destinado a refrigeración se seleccionó el mes de enero (el más cálido del año) del periodo 2014-2018 (años con consumo más estable). Para asegurar una mayor homogeneidad de la muestra, se descartaron las viviendas que fueron ampliadas. La Figura 7 muestra la distribución de consumo obtenida para las viviendas (promedio de los eneros de todos los años del periodo). Se observa que, a diferencia de la Figura 5 (b) en

que la distribución presenta un pico promedio bien definido, en el caso de la Figura 7 la forma de la distribución tiene una mayor dispersión, con una especie de meseta de valores altos, entre 4.0 y 7.5 kWh/m²-mes. Esta dispersión se explica por las diferencias de consumo entre las viviendas con aire acondicionado y sin aire acondicionado.

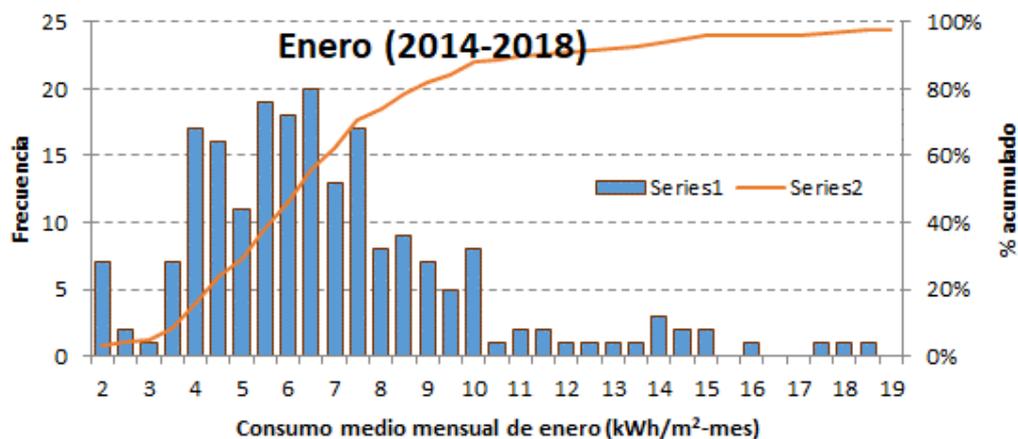


Fig. 7: Número de casas versus consumo medio mensual de enero 2014-2018 (kWh/m²-mes) considerando todas las viviendas. Se muestra también el porcentaje acumulado.

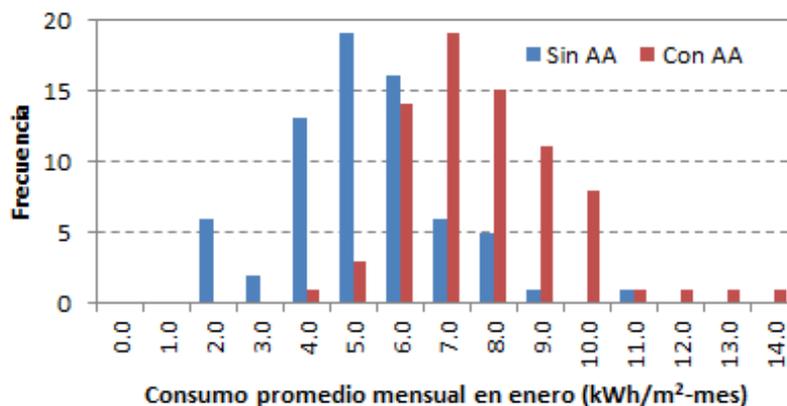


Fig. 8. Consumo eléctrico promedio mensual (kWh/m<sup>2</sup>-mes) de los eneros del periodo 2014-2018, con las viviendas discriminadas por existencia de aire acondicionado.

Esta discriminación se realiza en la Figura 8, donde se observa claramente la diferencia de consumo entre una vivienda con aire acondicionado (7.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes en promedio) y una sin aire (4.7 kWh/m<sup>2</sup>-mes, valor que corresponde al ‘consumo base’, es decir, al consumo eléctrico sin considerar el uso del aire acondicionado). El consumo destinado exclusivamente a refrigeración se calculó como la diferencia entre el valor obtenido y el ‘consumo base’, dando como resultado un valor de 2.5 kWh/m<sup>2</sup>-mes (127 kWh/mes por vivienda). Es decir, en enero, un 35% del consumo eléctrico se destina a refrigeración. Un valor similar se

encontró en un trabajo previo con monitoreo detallado del consumo de cuatro viviendas unifamiliares en verano (Filippín y Flores Larsen, 2012), en donde se obtuvo que un 31% del consumo se destina a aire acondicionado, un 12% a iluminación y un 57% a otros artefactos eléctricos (heladera, lavarropas, plancha, microondas, etc.).

El paso siguiente consistió en analizar la evolución temporal del consumo eléctrico destinado a refrigeración en los meses de enero del periodo 2014-2018, discriminando además según la orientación de la vivienda. En la Figura 9 (a) se observa

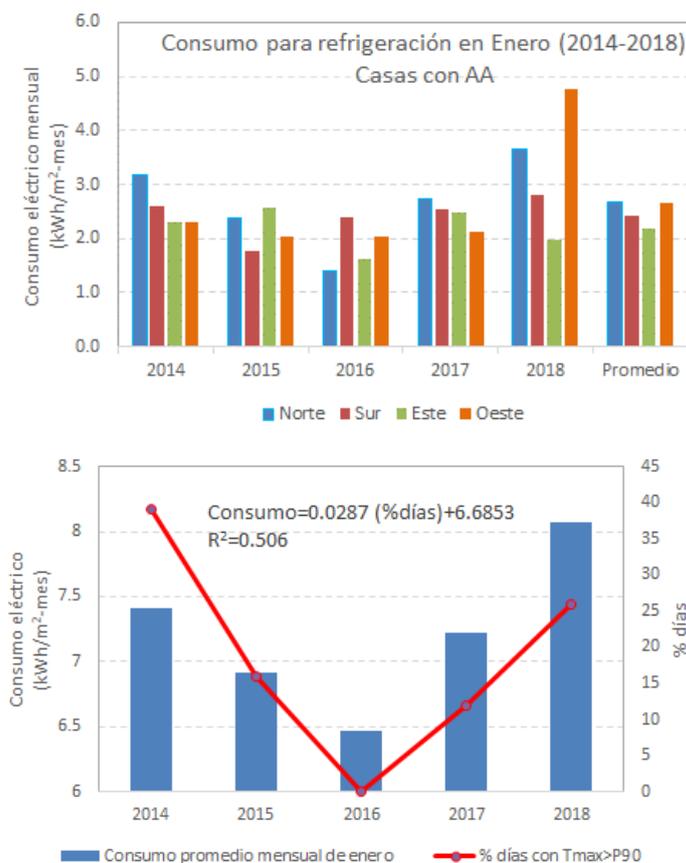


Fig. 9: Consumo eléctrico de los eneros del periodo 2014-2018 para las viviendas con aire acondicionado. Arriba: consumo destinado exclusivamente a refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>-mes) para las cuatro orientaciones posibles de las viviendas en el barrio. Abajo: Consumo total (‘consumo base’+ refrigeración) promedio de las cuatro orientaciones y porcentaje de días de enero con temperatura máxima mayor a 34.5°C (percentil 90%).

que el consumo promedio es de 2.5 kWh/m<sup>2</sup>-mes, con una diferencia de alrededor del 23% entre una vivienda orientada al Este y una al Oeste. Por otra parte, es interesante observar el año 2018, en que ocurrieron dos periodos importantes de días de calor extremo que sumaron 11 días en total y la temperatura máxima alcanzó los 36.6°C (en Flores Larsen y Filippín (2021) se encuentran más detalles de este periodo). El consumo promedio fue de 3.3 kWh/m<sup>2</sup>-mes, un 30% más alto que el promedio. Precisamente en ese año se observa la mayor diferenciación por orientación: las viviendas orientadas hacia el Oeste consumieron un 2.4 veces más electricidad que las orientadas hacia el Este, que presentaron el menor consumo. Este mayor consumo se debe a la contribución de la ganancia solar directa a través de las ventanas ubicadas hacia el Oeste.

La Figura 9 (b) muestra el consumo eléctrico en enero del periodo 2014-2018 en conjunto con el porcentaje de días del mes con temperaturas máximas mayores al percentil 90% para Santa Rosa (34.5°C). Esta variable es un indicador de la intensidad de los eventos extremos de calor y se observa que está correlacionada con el consumo eléctrico, por lo que podría ser una variable interesante de predicción de consumo en escenarios futuros, en los que el porcentaje de días con temperaturas máximas se verá incrementado. Sin embargo, debido a la gran variabilidad en el costo de la energía (como se verá en el apartado siguiente), no es la única variable de predicción.

Es importante destacar que el análisis precedente de consumo no nos permite deducir si las viviendas que utilizaron el equipo de aire acondicionado alcanzaron una situación de confort interior. Un estudio previo de estas viviendas (Flores Larsen y Filippín, 2021), realizado por simulación computacional, estimó en 18 kWh/m<sup>2</sup>-mes (promedio para las cuatro orientaciones) la carga térmica de refrigeración para alcanzar una temperatura interior constante de neutralidad para confort adaptativo según ASHRAE 55-17 (25.2°C para Santa Rosa) en enero de 2018. Con este valor, se puede calcular el consumo eléctrico que tendría un equipo standard para extraer esta carga. Por lo tanto, si se considera un aire acondicionado de tipo Split, de 2550 W con un coeficiente de performance COP de 2.5, clase F, de acuerdo a lo recomendado por la Norma IRAM 11900, su consumo eléctrico debería ser de 7.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes. Dado que el consumo de refrigeración estimado previamente a partir de las boletas fue de 3.3 kWh/m<sup>2</sup>-mes, se puede concluir que *el consumo eléctrico real fue de aproximadamente el 46% del consumo necesario para que el interior de la vivienda esté a una temperatura constante de neutralidad de 25.2°C.*

Este análisis permite inferir que, en promedio, las viviendas no alcanzan el confort térmico debido a que sub-utilizan el equipo de aire acondicionado. Solamente alcanzaron el confort térmico aquellas viviendas cuyo consumo eléctrico superó los 11.9 kWh/m<sup>2</sup>-mes (suponiendo que no existen otros equipos de alto consumo) en enero de 2018, es decir, aproximadamente el 14% de las viviendas. Esta sub-utilización podría atribuirse a los bajos ingresos de las familias en conjunto con un incremento del precio de la energía eléctrica y la eliminación de subsidios. Como ya se mencionó, entre noviembre y diciembre / 2017, la factura final aumentó entre un 7% y un 37%, dependiendo del consumo mensual, con un incremento adicional del 2% en enero / 2018 según la Cooperativa Eléctrica de Santa Rosa (CPE, 2018).

En cuanto a la situación climática en el futuro, los modelos indican que las olas de calor se verán incrementadas, tanto en duración como en intensidad, lo cual seguramente forzará a la instalación de un mayor número de equipos de aire acondicionado. Por ejemplo, si el porcentaje de viviendas con aire acondicionado pasara del 42% (valor en 2014) al 80%, se puede calcular el incremento del consumo del barrio para dos escenarios de uso. En el primero, se supone que se mantienen los hábitos de consumo de sub-utilización del equipo de refrigeración. Entonces, en una situación futura con temperaturas similares a los de enero de 2018, el consumo mensual se incrementaría en 152 kW por cada nueva vivienda con aire acondicionado, lo cual totalizaría un incremento total de 20.8 MWh para el barrio de 360 viviendas. En el segundo escenario, se supone que las viviendas pueden satisfacer completamente su demanda de refrigeración, con un consumo eléctrico requerido para mantener la temperatura neutral de 25.2°C de 7.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes. Entonces, el consumo mensual se incrementaría en 365 kWh por cada nueva vivienda con aire acondicionado, totalizando un incremento total para el barrio de 105.1 MWh. Estos incrementos en la demanda eléctrica debería ser previstos por las compañías de distribución de energía, sobre todo teniendo en cuenta que el consumo en simultáneo provocará picos en la demanda forzando al sistema y pudiendo provocar los indeseados cortes de suministro. Esta situación ya fue advertida en el informe de la Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (3CN, 2015), que menciona además que, si se mira el año completo, como la demanda de electricidad para calefacción domiciliar es menor que para la refrigeración (o similar si se utilizan bombas de calor), si la red se diseña para soportar las olas de calor, estará preparada para soportar también las olas de frío.

### 3.3. Costos de la energía eléctrica en el periodo.

El consumo eléctrico en la vivienda social está directamente relacionado con el costo de la energía y la capacidad de pago de las familias. En nuestro país, es altamente cambiante y dependiente de la política del gobierno de turno. Por ello, las variaciones en el incremento de la energía están influidos no solo por su costo en el Mercado Eléctrico Mayorista, sino también por los impuestos (por ejemplo, el Impuesto al Valor Agregado), la aparición y desaparición de los planes de estímulo al ahorro, subsidios y tarifas sociales, etc. El consumo entonces no depende exclusivamente de las condiciones climáticas.

Por ejemplo, según los informes de la Cooperativa Eléctrica de Santa Rosa (CPE, 2015, 2018, 2019) en 2014 el el Gobierno Provincial adhirió al mecanismo del Gobierno Nacional para no modificar las tarifas que estuvieran vigentes en diciembre de 2013, aplicando el denominado Programa de Convergencia. Como contrapartida a no incrementar los precios del servicio eléctrico, el Estado Nacional aportaría fondos para cubrir el incremento de costos. Esto influyó en un aumento del consumo eléctrico por usuario, como se observa en la Figura 10. Por otra parte, el precio de la energía que suministra la compañía, se modificó en: febrero de 2016 (inicio del Plan de Estímulo al Ahorro), noviembre y diciembre de 2017 (aumento en la factura final entre un 7% y un 37%, dependiendo del consumo mensual), enero de 2018 (incremento adicional del 2%), agosto de 2018 (por incremento del costo mayorista e impuestos), enero de 2019 (por eliminación del Plan Estímulo al Ahorro de Energía y del subsidio por Tarifa Social nacional), febrero de 2019 (por incremento del costo mayorista e impuestos e inicio de la

Tarifa Social Pampeana), y mayo de 2019 (por cambios en el costo mayorista, el costo se reduce para usuarios residenciales). La Figura 11 muestra el incremento en el costo residencial entre diciembre de 2015 y Junio de 2019, que alcanzó un valor de 419%. A modo de ejemplo, cuando la Tarifa Social Pampeana se liquidó como crédito en la factura de energía llegó a representar un subsidio del 70 % del precio final a tarifa plena para ubicarse en 50 % desde que se acredita en la tarjeta alimentaria. Según CPE (2019), el 57 % de los beneficiarios alcanzados por la Tarifa Social Pampeana en marzo de 2019, tuvo un consumo promedio de 229 kWh (y

un 42% un consumo promedio de 104 kWh). A modo de comparación con la distribución de la Figura 5 (b), para una vivienda como la del barrio Santa María de Las Pampas, estos valores equivalen a 4.5 y 2.0 kWh/m<sup>2</sup>-mes. Para el consumo promedio de 229 kWh, el subsidio para un usuario en febrero de 2016 (Figura 10) fue de entre 20% y 30% (dependiendo del nivel de ahorro) y llegó al máximo de 40% en diciembre de 2018, cuando se eliminó la Tarifa Social Nacional y se inició el nuevo subsidio provincial.

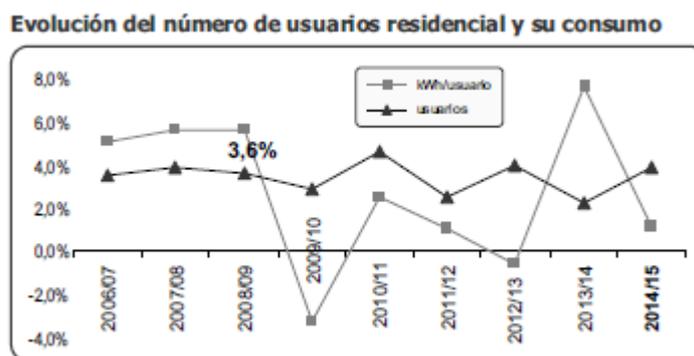


Fig. 10. Evolución del número de usuarios residenciales y de la variación porcentual de su consumo anual para el periodo 2006-2015. Se observa el incremento notorio en el periodo 2013/14 debido al Programa de Convergencia, en que se decidió no modificar las tarifas que estuvieran vigentes en diciembre de 2013 (CPE., 2015).

	Valor en \$/kWh				
	Dic/2015	Jun/2016	Jun/2017	Jun/2018	Jun/2019
Costo CPE Residencial	0,4541	1,025	1,6487	2,0618	2,356
Incremento respecto a diciembre 2015		126 %	263 %	354 %	419 %

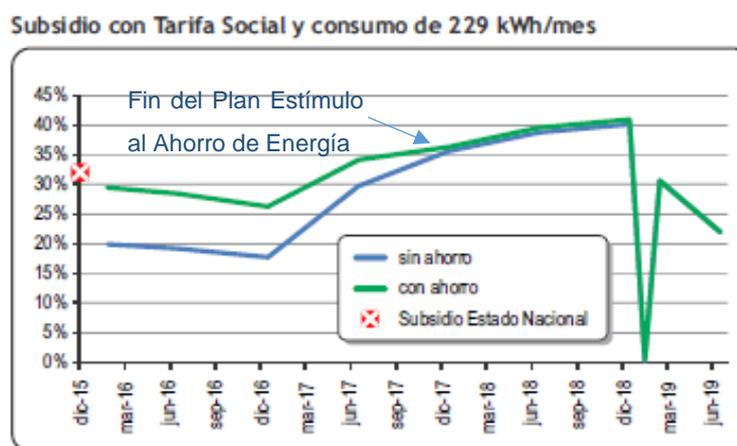


Fig.11: Arriba: incremento del costo de la energía eléctrica residencial entre Diciembre/2015 y Junio/2019. Abajo: evolución del subsidio con Tarifa Social para las viviendas con consumos promedio de 229 kWh/mes (CPE, 2019).

#### 4. CONCLUSIONES

El estudio realizado en el barrio “Santa María de Las Pampas” permite esbozar algunas conclusiones interesantes:

- Se estimó el consumo promedio mensual de las viviendas en 5.0 kWh/m<sup>2</sup>-mes (47% de las viviendas con aire acondicionado). La diferencia de consumo entre una

vivienda con aire acondicionado (7.2 kWh/m<sup>2</sup>-mes en promedio) y una sin aire (4.7 kWh/m<sup>2</sup>-mes) es del 53%.

- Se observa que el consumo eléctrico se mantiene estable entre abril y setiembre, con una suba en los meses de cálidos (de octubre a marzo), presentando sus valores más altos en diciembre y enero con un incremento del 40%

respecto del consumo en invierno debido al uso de los equipos de aire acondicionado.

- En verano, el consumo eléctrico destinado a refrigeración por aire acondicionado corresponde al 35% del consumo eléctrico total.
- Durante periodos de calor extremo como el enero de 2018, el consumo promedio destinado a refrigeración fue de 3.3 kWh/m<sup>2</sup>-mes, un 30% más alto que el promedio de ese mes. Sin embargo, este consumo cubrió solamente el 46% del consumo necesario para mantener la vivienda a 25.2°C (temperatura neutral según confort adaptativo ASHRAE 55-17 para Santa Rosa), probablemente debido a que las familias no pueden afrontar los costos de la energía eléctrica. Solamente un 14% de las viviendas alcanzaron el confort térmico.
- En cuanto a la orientación, en verano una vivienda hacia el Oeste consume alrededor de un 23% más que la misma vivienda orientada hacia el Este, debido principalmente a la contribución de la ganancia solar directa a través de las ventanas ubicadas hacia el Oeste.
- El porcentaje de días del mes con temperaturas máximas mayores al percentil 90% podría ser un buen indicador para predecir el consumo eléctrico, debido a que es una medida de la intensidad de los eventos extremos de calor.
- En el futuro, el consumo mensual durante meses con periodos de calor extremo podría incrementarse entre 20.8 MWh (si se mantienen los hábitos de consumo con sub-utilización de los equipos de refrigeración) y 105.1 MWh (si se cubrieran los requerimientos de refrigeración), situación a ser tenida en cuenta por las compañías de distribución de energía para evitar los cortes de suministro justamente en los periodos en que más se la requiere.

Se concluye que las viviendas del barrio "Santa María de Las Pampas" no son capaces de proveer un ambiente interior aceptable durante los periodos de calor debido a su diseño ineficiente. Las personas de bajos ingresos deben vivir en ambientes interiores insalubres debido a la falta de medidas de eficiencia energética previstas en la etapa de diseño de sus casas. Esta carencia podría ser subsanada por el uso intensivo de aire acondicionado, que es, con mucho, la peor solución desde el punto de vista medioambiental. Pero incluso los habitantes que son capaces de adquirir un equipo de este tipo están restringiendo su uso, muy probablemente por razones económicas. Por estas razones, se debe diseñar desde el inicio la vivienda social para proveer un ambiente interior confortable y saludable, que sea resiliente a estos eventos climáticos extremos.

Las estrategias pasivas de sombreado de la envolvente, uso de colores claros, incremento de aislación térmica en techos y ventilación nocturna cruzada son estrategias que probaron ser efectivas en este clima y que debieran ser tenidas en cuenta por los diseñadores de las viviendas sociales.

Las recomendaciones y legislación a nivel nacional sobre la calidad térmica de estas viviendas debería contemplar estos aspectos, orientando el diseño hacia barrios más resilientes en un contexto climático de olas de calor cada vez más frecuentes.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue parcialmente financiado por la Universidad Nacional de Salta y por ANPCYT (Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica).

Las autoras agradecen la colaboración brindada por la Cooperativa Popular de Electricidad de Santa Rosa Ltd., al Arq. Darío Tobal (IPAV, Instituto Provincial Autárquico de la Vivienda), y a A.P. María Laura Ramboreger (Dirección General de Planificación y Evaluación de Políticas Sociales).

## REFERENCIAS

- Alfías H, Jacobo G. (2011). Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores. *Arquisur*, **1**, 1,76-89. Recuperado de: [https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/439/RIUNNE\\_AR\\_Alias\\_HM-Jacobo\\_GJ\\_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/439/RIUNNE_AR_Alias_HM-Jacobo_GJ_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Andersen M., Discoli C.A., Viegas G., Martini I. (2017). Monitoreo energético y estrategias de retrofit para viviendas sociales en clima frío. *Hábitat Sustentable* **7**, 2, 50-63. DOI 10.22320/07190700.2017.07.02.05
- ASHRAE Standard 55-2017, Thermal Environmental Conditions For Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta GA, 2017.
- Bélangier, D., Gosselin, P., Valois, P., & Abdous, B. (2015). Neighbourhood and dwelling characteristics associated with the self-reported adverse health effects of heat in most deprived urban areas: a cross-sectional study in 9 cities. *Health & Place*, **32**, 8-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.healthplace.2014.12.014>
- Blasco Lucas I., Albarracín O., Carestia C. (2000). Comportamiento energético de tipologías barriales en San Juan, Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*; **4**, 121-126.
- C3S, 2020. Copernicus Climate Change Service. "C3S releases European State of the Climate to reveal how 2019 compares to previous years". Available at: <https://climate.copernicus.eu/c3s-releases-european-state-climate-reveal-how-2019-compares-previous-years>
- Chesini F., Brunstein L., Perrone M., Orman M., Gazia M., Gómez A., Cattaneo V., Geffner L., Cardone K., Ríos E., Cañete C., Tenisi P., Sandá C., Baró S., Domínguez D. A., Paolo L., Castillo S., Michemberg X., Peralta M. (2018). Clima y Salud en la Argentina: diagnóstico de situación. Ministerio de Salud de la Nación. Buenos Aires. Recuperado de: <http://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/1223>.
- CPE, 2015. Memoria y Balance 2014-2015. Ejercicio Económico y Social N°84. Cooperativa Popular de Electricidad, Obras y Servicios Públicos de Santa Rosa Limitada. Recuperado de: <https://www.cpe.com.ar/MemoriaPdfs>
- CPE, 2018. Memoria y Balance 2017-2018. Ejercicio Económico y Social N°86. Cooperativa Popular de Electricidad, Obras y Servicios Públicos de Santa Rosa Limitada. Available at: <https://www.cpe.com.ar/MemoriaPdfs>
- CPE, 2019. Memoria y Balance 2018-2019. Ejercicio Económico y Social N° 87. Cooperativa Popular de Electricidad, Obras y Servicios Públicos de Santa Rosa Limitada. Disponible en: <https://www.cpe.com.ar/MemoriaPdfs>

- CRC, 2021. Regional Climate Center Network for Southern South America. Available at: [https://www.crc-sas.org/es/monitoreo\\_extremos\\_climaticos.php](https://www.crc-sas.org/es/monitoreo_extremos_climaticos.php)
- Czajkowski J., Gómez A. y Bianciotto M.G. (2008). Comportamiento térmico de viviendas sociales mediante incorporación de mejoras de diseño en la envolvente. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **12**, 05.33.
- de Vera, B. (2018). El uso del aire acondicionado en las olas de calor provocará miles de muertes, según un estudio. 5 de Julio de 2018. Recuperado de: <https://nmas1.org/news/2018/07/05/aire-acondicionado-mortal-cienci>
- Díaz C., Czajkowski J. (2008). Consumo energético en viviendas sociales de Tierra del Fuego. Comparación con otras regiones de la Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*; **12**, 5-12. Recuperado de: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95288>
- Filippín C., Ricard F., Flores Larsen S., Santamouris M. (2017). Retrospective analysis of the energy consumption of single-family dwellings in central Argentina. Retrofitting and adaptation to the climate change. *Renewable Energy* **101** (2017) 1226e1241.
- Filippín C., Flores Larsen S. (2012). Summer thermal behaviour of compact single family housing in a temperate climate in Argentina. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **16** (2012) 3439–3455.
- Flores Larsen S., Filippin C., Barea G. (2019). Impact of climate change on energy use and bioclimatic design of residential buildings in the 21st century in Argentina. *Energy and Buildings* **184**, 216–229, DOI 10.1016/j.enbuild.2018.12.015
- Flores Larsen S., Filippin C. (2021). Energy efficiency, thermal resilience, and health during extreme heat events in low-income housing in Argentina. *Energy and Buildings* 231 (2021) 110576. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110576>
- Garganta, M. L., San Juan, G. A., Viegas, G. M. (2017). Comportamiento energético de la producción de viviendas sociales de crecimiento progresivo, localizadas en la provincia de Buenos Aires, XI Simposio de la Asociación Internacional de Planificación Urbana y Ambiente (UPE 11), La Plata, 2014.
- Giambartolomei, M. (2013). La segunda ola de calor más larga desde 1906. Buenos Aires: La Nación. Archivado desde el original el 27 de diciembre de 2013. Recuperado de: <https://web.archive.org/web/20131227063453/http://www.lanacion.com.ar/1651000-la-segunda-ola-de-calor-mas-larga-desde-1906>
- Hancevic P., Navajas F. (2013). Documento de Trabajo N° 120: Consumo residencial de electricidad y eficiencia energética: un enfoque de regresión cuantílica. Disponible en: [http://www.fiel.org/publicaciones/Documentos/DOC\\_T\\_RAB\\_1368217816061.pdf](http://www.fiel.org/publicaciones/Documentos/DOC_T_RAB_1368217816061.pdf)
- Hatvani-Kovacs G., M. Belusko, N. Skinner, J. Pockett, John Boland (2016b). Heat stress risk and resilience in the urban environment, *Sustainable Cities and Society*, **26**, 278-288. doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.019>.
- IRAM 11601 (2002). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario.
- IRAM 11603 (2011). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bio-ambiental de la República Argentina.
- IRAM 11605 (2011). Acondicionamiento térmico de edificios – Condiciones de habitabilidad en edificios – Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires.
- IRAM 11900 (2017). Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo. Instituto Argentino de Normalización y Certificación. Buenos Aires.
- Juanicó L. E., González A. D. (2008a). Thermal efficiency of natural gas balanced-flue space heaters: Measurements for commercial devices. *Energy and Buildings*, **40**, 6, 1067-1073. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.10.007>.
- Juanicó L. E., González A. D. (2008b). Savings on natural gas consumption by doubling thermal efficiencies of balanced-flue space heaters, *Energy and Buildings*, **40**, 8, 1479-1486. doi <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.02.002>.
- Maller, C. J., Strengers, Y. (2011). Housing, heat stress and health in a changing climate: promoting the adaptive capacity of vulnerable households, asuggested way forward. *Health Promotion International*, **26**(4), 492–498. doi <http://dx.doi.org/10.1093/heapro/dar003>
- Martínez C. (2004). Evaluación cualitativa de condiciones ambientales de viviendas del IPV en S. M. de Tucumán. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 8, N° 1, 2004. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184pp 05.01-05.06.
- Mercado, M. V., Esteves A., Filippín C., Navarro L. Evaluación Térmico-Energético y Cualitativa de Condiciones Ambientales de una Vivienda Social de la Ciudad de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, Salta, v. 12, p. 05.73-05.80, 2008.
- Ministerio de Desarrollo Social de La Pampa, 2021. Programa Asistencia Social Pampeana. <https://mds.lapampa.gob.ar/programa-asistencia-social-pampeana.html>
- Mitchell J., Acosta. P. (2009). Evaluación comparativa de tipologías de viviendas sociales en la provincia de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **13**, 161-168.
- ONU HABITAT (2010). El derecho a una vivienda adecuada Folleto informativo No 21/Rev.1 Printed at United Nations, Geneva, 4,450.
- WMO, 2021. June ends with exceptional heat. Organización Meteorológica Mundial. Recuperado de: <https://public.wmo.int/en/media/news/june-ends-exceptional-heat>
- Rodríguez, A. y Sugranyes A. El problema de vivienda de los "con techo". *EURE* (Santiago) [online]. 2004, **30**, 91, 53-65. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612004009100004>.
- Rubel, F.; Brugger, K.; Haslinger, K.; Auer, I. The climate of the European Alps: Shift of very high resolution Köppen-Geiger climate zones 1800–2100. *Meteorologische Zeitschrift* 2017, **26** (2), 115–125. Available at: [http://koepfen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper\\_2017.pdf](http://koepfen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Paper_2017.pdf)
- Sánchez-Guevara Sánchez, C.; Neila-González, F.J.; Hernández-Aja, A. (2018). Energy poverty methodology based on minimal thermal habitability conditions for low income housing in Spain. *Energy Buildings* 2018, **169**, 127–140.
- Sardi M.G., Ermini P.V. (2019). La cuestión alimentaria y la producción del espacio en barrios de viviendas sociales. El caso de una ciudad intermedia, Santa Rosa, La Pampa.

- VII Congreso Nacional de Geografía de Universidades Públicas y XXI Jornadas de Geografía de la UNLP. 9 al 11 de Octubre de 2019, La Plata, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://jornadasgeografia.fahce.unlp.edu.ar/>
- SMN, 2021a. Informe Especial N°2 por ola de calor - Temporada 2020/2021. Servicio Meteorológico Nacional. [https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe\\_especial\\_oladecalor\\_ene2021.pdf](https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe_especial_oladecalor_ene2021.pdf)
- SMN, 2021b. National Meteorological Service of Argentina. <https://www.smn.gob.ar/caracterizacion-estadisticas-de-largo-plazo>
- Velazquez G., (2019). Interactive map of the Index of Life Quality (ICV) in Argentina. Available at: <https://icv.conicet.gov.ar/>. Last accessed: 20/01/2019.
- 3CN, 2015. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Resumen Ejecutivo de la Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Reuperado de: <http://3cn.cima.fcen.uba.ar/docs/3Com-Resumen-Ejecutivo-de-la-Tercera-Comunicacion-Nacional.pdf>

## APÉNDICE

Tabla 1. Consumo eléctrico de un conjunto de 75 viviendas en el barrio "Santa María de Las Pampas". El área total de cada vivienda es de 50.74 m<sup>2</sup>.

	Promedio mensual 2008-2018 (kWh/mes)	Desvío Standard (kWh/mes)	Coeficiente de Variabilidad (2)/(1)*100	Promedio anual 2008-2018		
				Promedio (kWh/año)	Desvío Standard (kWh/year)	Coeficiente de Variabilidad (4)/(3)*100
	(1)	(2)	(2)/(1)*100	(3)	(4)	(4)/(3)*100
1	147.1	25.4	17.3	1797.5	305.7	17.0
2	201.2	14.8	7.4	2400.0	506.1	21.1
3	227.7	41.8	18.4	2760.9	544.6	19.7
4	255.9	83.3	32.6	3038.4	604.9	19.9
5	242.7	40.1	16.5	2870.0	419.1	14.6
6	234.3	9.4	4.0	2787.8	780.8	28.0
7	180.8	16.1	8.9	2171.1	346.4	16.0
8	329.7	37.7	11.4	3691.1	2878.3	78.0
9	213.8	42.7	20.0	2581.6	294.5	11.4
10	260.3	51.6	19.8	3140.1	300.7	9.6
11	200.9	16.1	8.0	2462.5	412.7	16.8
12	209.0	9.0	4.3	2537.1	375.0	14.8
13	196.6	35.8	18.2	2354.3	229.4	9.7
14	201.7	15.3	7.6	2444.4	334.9	13.7
15	234.7	27.0	11.5	2835.1	461.3	16.3
16	220.9	41.2	18.7	2679.2	533.4	19.9
17	198.2	21.0	10.6	2410.9	796.9	33.1
18	192.3	10.2	5.3	2311.8	492.0	21.3
19	215.6	37.3	17.3	2538.0	833.0	32.8
20	261.0	41.5	15.9	3125.8	618.5	19.8
21	160.6	45.0	28.1	1901.2	545.7	28.7
22	98.0	7.9	8.1	1172.9	77.6	6.6
23	263.9	64.4	24.4	3115.3	657.0	263.9
24	371.7	65.8	17.7	4465.5	1737.4	38.9
25	175.3	9.0	5.2	2093.5	227.8	10.9
26	246.0	47.5	19.3	2969.3	428.1	14.4
27	176.0	44.8	25.4	2103.6	257.7	12.2
28	314.9	63.6	20.2	3830.6	1350.6	35.3
29	310.8	59.4	19.1	3742.8	895.1	23.9
30	79.0	12.8	16.2	916.5	366.7	40.0
31	406.4	43.0	10.6	4957.5	3206.6	64.7
32	200.6	83.0	41.4	2404.3	287.7	12.0
33	197.4	37.5	19.0	2385.5	420.0	17.6
34	200.7	38.4	19.1	2445.7	601.5	24.6
35	220.2	10.9	5.0	2616.6	264.2	10.1

36	210.1	23.0	11.0	2483.5	887.4	35.7
37	447.2	90.6	20.3	5412.2	1543.8	28.5
38	156.0	7.3	4.7	1862.2	256.0	13.7
39	203.6	49.3	24.2	2430.7	269.0	11.1
42	403.1	94.2	23.4	4819.1	1372.2	28.5
41	147.4	11.5	7.8	1770.0	290.2	16.4
42	205.5	44.2	21.5	2461.5	521.5	21.2
43	214.8	9.7	4.5	2568.9	416.8	16.2
44	324.1	47.5	14.6	3907.1	442.3	11.3
45	147.8	13.2	8.9	1742.3	449.6	25.8
46	208.2	10.0	4.8	2484.0	248.0	10.0
47	245.6	64.9	26.4	2928.5	767.7	26.2
48	181.4	24.6	13.6	2198.7	714.4	32.5
49	347.4	51.1	14.7	4146.5	1050.7	25.3
50	347.4	51.1	14.7	4146.5	1050.7	25.3
51	283.8	24.2	8.5	3427.8	490.3	14.3
52	215.5	38.3	17.8	2600.5	802.1	30.8
53	209.1	31.5	15.1	2533.5	392.4	15.5
54	340.4	71.6	21.0	4073.5	690.2	16.9
55	197.7	56.6	28.6	2379.3	190.7	8.0
56	213.3	54.0	25.3	2579.5	257.6	10.0
57	308.5	63.4	20.6	3211.3	291.3	9.1
58	224.0	32.9	14.7	2694.4	741.2	27.5
59	348.7	97.4	27.9	4199.5	721.3	17.2
60	219.3	25.1	11.4	2636.0	352.8	13.4
61	164.9	18.0	10.9	1959.6	313.0	16.0
62	357.7	17.2	4.8	4292.8	792.3	18.5
63	191.4	19.7	10.3	2283.5	1378.6	60.4
64	278.7	84.2	30.2	3398.4	313.6	9.2
65	323.4	30.2	9.4	3861.0	1360.1	35.2
66	176.9	8.9	5.0	2112.6	452.5	21.4
67	135.6	13.2	9.7	1650.6	308.2	18.7
68	131.7	11.4	8.7	1578.2	183.7	11.6
69	232.0	54.4	23.5	2815.9	635.1	22.6
70	156.0	12.4	7.9	1838.5	236.9	12.9
71	229.0	45.5	19.9	2737.0	1698.4	62.1
72	191.8	12.6	6.5	2263.3	424.6	18.8
73	203.8	7.8	3.8	2429.2	638.2	26.3
74	169.6	22.9	13.5	2055.9	305.7	14.9
75	151.0	10.3	6.8	1843.5	256.6	13.9

---