



Metodología de evaluación diacrónica del impacto energético en la vivienda social

A diachronic methodology for evaluating energy impacts in social housing

Maria Celina, Michaux¹
Graciela Melisa, Viegas²

¹ IRPHa-CONICET-UNSJ, San Juan, Argentina

¹celinamichaux@faud.unsj.edu.ar | <https://orcid.org/0000-0003-0347-6402>

² IIPAC-CONICET-UNLP, Buenos Aires, Argentina

²gachiviegas80@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0001-6248-4678>

Recibido: 16/01/2026 Aceptado: 04/06/2026

RESUMEN | La vivienda social debe ser entendida no como un objeto arquitectónico estático, sino como un proceso dinámico que se transforma a lo largo de su vida útil, particularmente a través de las ampliaciones residenciales, las cuales constituyen una fase estructural del ciclo de producción habitacional en contextos latinoamericanos. Estos procesos de crecimiento, mayoritariamente autogestionados por los hogares, suelen desarrollarse sin criterios de eficiencia energética, generando impactos significativos durante la fase de uso. El presente artículo propone una metodología de evaluación diacrónica orientada a analizar las ampliaciones residenciales como parte constitutiva del ciclo de vida de la vivienda social, integrando la evolución de la arquitectura, la envolvente, el desempeño energético y los patrones de uso. La metodología adopta un enfoque mixto, cualitativo-cuantitativo, y se estructura en seis etapas secuenciales que combinan relevamientos arquitectónicos, consumos energéticos reales y técnicas estadísticas multivariadas. Los resultados posibilitan identificar patrones diferenciados de crecimiento residencial y variables clave con mayor incidencia sobre el desempeño energético. Asimismo, se formulan lineamientos de ampliación eficiente orientados a reducir el consumo energético, las emisiones asociadas y los costos económicos. El trabajo aporta una herramienta metodológica, con potencial aplicación en políticas públicas destinadas a la gestión del crecimiento de la vivienda social.

PALABRAS CLAVE | ampliación-residencial, eficiencia-energética, evaluación-diacrónica, fase-de-uso, vivienda-social.

ABSTRACT | Social housing should be understood not as a static architectural object, but as a dynamic process that transforms throughout its useful life, particularly through residential expansions, which constitute a structural phase of the housing production cycle in Latin American contexts. These growth processes, mostly self-managed by households, often develop without energy efficiency criteria, generating significant impacts during the use phase. This article proposes a diachronic evaluation methodology aimed at analyzing residential expansions as a constitutive part of the social housing life cycle, integrating the evolution of the architecture, the building envelope, energy performance, and usage patterns. The methodology adopts a mixed-methods approach, both qualitative and quantitative, and is structured in six sequential stages that combine architectural surveys, actual energy consumption data, and multivariate statistical techniques. The results make it possible to identify differentiated patterns of residential growth

and key variables with the greatest impact on energy performance. Furthermore, guidelines for efficient expansion are formulated, aimed at reducing energy consumption, associated emissions, and economic costs. The work provides a methodological tool, with potential application in public policies aimed at managing the growth of social housing.

KEYWORD | energy-efficiency, diachronic-evaluation, residential-expansion, social-housing, use-phase.

Introducción

La vivienda debe ser entendida no como un objeto arquitectónico estático y acabado, sino como un proceso dinámico que se transforma a lo largo de su vida útil en función de los cambios sociales, económicos y familiares de quienes la habitan. Durante la fase de uso, la vivienda experimenta modificaciones espaciales, constructivas y funcionales derivadas de la evolución de las actividades domésticas y de las demandas del núcleo familiar (Teles & González, 2013). Estas transformaciones responden a la necesidad de ampliar, reorganizar o adaptar los espacios interiores para mejorar las condiciones de habitabilidad y adecuación al uso, evidenciando un desfase recurrente entre las decisiones proyectuales iniciales y las necesidades reales de los usuarios. En este sentido, la vivienda puede comprenderse como un sistema abierto, perfectible y sujeto a cambio a lo largo del tiempo (Agyefi-Mensah, 2013; Fiscarelli, 2018).

Desde esta perspectiva, se han desarrollado metodologías que conciben la vivienda como un sistema adaptable, destacando la capacidad de crecimiento como un factor clave para la durabilidad y el desempeño habitacional. Michaux et al. (2024) analizan de forma comparada diversas metodologías de evaluación de la vivienda, poniendo en evidencia los límites de los enfoques sincrónicos. En complemento, trabajos recientes integran adaptabilidad, evaluación espacial y desempeño a lo largo del tiempo. Pelsmakers y Warwick (2022) revisan las dimensiones que intervienen en la adaptabilidad habitacional, mientras que Mlote et al. (2024) analizan estrategias de adaptabilidad edilicia orientadas a prolongar la vida útil y reducir la obsolescencia prematura de los edificios. Por su parte, Mostofinejad et al. (2023) estudian la adaptabilidad arquitectónica como estrategia de resiliencia y extensión del ciclo de vida del entorno construido.

En sumatoria, diversas investigaciones abordan las ampliaciones residenciales como estrategias integradas a políticas urbanas sostenibles. Napieralska y Attia (2023) proponen modelos de vivienda incremental basados en modularidad y planificación del crecimiento para aumentar el parque habitacional sin expansión urbana, Viriezky et al. (2024) analizan las ampliaciones desde la optimización de recursos y la extensión del ciclo de vida; mientras que Kassem et al. (2025) promueven la normalización del cambio como condición del proyecto arquitectónico. En contextos latinoamericanos, Cacopardo y Santacroce (2024) aportan una mirada integral de la vivienda progresiva, articulando dimensiones técnicas, sociales y ambientales con fuerte participación de los usuarios.

No obstante, pese a estos avances, persiste la ausencia de metodologías que permitan evaluar de manera integrada y diacrónica los procesos de ampliación residencial, incorporando simultáneamente la evolución arquitectónica, la envolvente, el desempeño energético y las condiciones reales de uso. En este contexto, el objetivo del presente artículo es construir una metodología de evaluación diacrónica que permita estudiar las ampliaciones residenciales como parte constitutiva del ciclo de producción habitacional, con el fin de dimensionar su impacto energético y su potencial de mejora.

Materiales y Métodos

Para alcanzar el objetivo propuesto, se adoptó una metodología de enfoque mixto, cualitativo–cuantitativo, de carácter cuasiexperimental, propia de una investigación aplicada. El estudio se orientó al diseño y la sistematización de una metodología de evaluación diacrónica destinada a analizar las ampliaciones residenciales como parte constitutiva del ciclo de producción habitacional, con énfasis en su impacto arquitectónico, energético y de uso durante la fase de vida de la vivienda.

La metodología se estructuró en seis etapas secuenciales e interrelacionadas: 1- determinación de los casos de estudio; 2- definición de las variables de análisis; 3- evolución diacrónica de la vivienda del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV); 4- análisis estadísticos multivariados; 5- elaboración y aplicación de lineamientos de ampliación eficiente y 6- definición de la potencialidad de ahorro. Cada etapa se describió con un nivel de detalle suficiente para garantizar su replicabilidad en otros contextos territoriales, climáticos y normativos. Asimismo, en cada fase se explicitaron los fundamentos teóricos, las herramientas técnicas y los programas utilizados, asegurando la trazabilidad del proceso metodológico. Por último, se presentó una breve aplicación de la metodología propuesta.

Cabe aclarar que el presente artículo no se orienta a la aplicación empírica exhaustiva de la metodología. El foco se centró en su construcción y sistematización, constituyéndose como un insumo metodológico transferible para investigaciones posteriores, tanto en problemáticas similares como en aquellas concomitantes que aborden la relación entre arquitectura, energía y uso en la vivienda.

La validación conceptual de la metodología fue desarrollada en Michaux (2024), a partir de un proceso sistemático que combinó la revisión crítica de antecedentes teóricos, la definición y ajuste de variables, y su contrastación mediante aplicación empírica en casos de estudio. Este procedimiento permitió verificar la coherencia interna del modelo, su capacidad explicativa y su pertinencia para el análisis diacrónico de la vivienda social. Dado que este proceso implicó un desarrollo metodológico extenso y específico, su exposición detallada excede los objetivos del presente artículo. En este sentido, el trabajo se centralizó en la presentación y sistematización de la metodología ya validada, priorizando su claridad operativa, su trazabilidad y su potencial de transferencia a otros contextos de investigación y práctica profesional.

Resultados

El desarrollo metodológico se estructuró en seis etapas progresivas que abarcan la definición y justificación del enfoque, la selección de variables y la recolección de datos, el análisis diacrónico de la vivienda pre y post ampliación, y la aplicación de métodos estadísticos para la conformación de clústers y la identificación de variables significativas. A partir de estos resultados, se formulan estrategias de crecimiento eficiente para la vivienda del IPV, que finalmente se aplican a un caso representativo, con el fin de estimar el potencial de ahorro energético a escala residencial y de conjunto (Figura 1). El caso seleccionado se considera representativo en tanto no responde a una elección arbitraria, sino que surge del análisis estadístico multivariado. Específicamente, corresponde a una vivienda perteneciente al clúster de ampliación regular, definido a partir de patrones de comportamiento similares en variables arquitectónicas, de envolvente, energéticas y de uso. En este sentido, el caso sintetiza las características predominantes del grupo, permitiendo extrapolar los resultados obtenidos.

Figura 1*Esquema de la metodología elaborada.*

Etapa 1. Definición de los casos de estudio

En esta etapa se delimitan el universo, las unidades de análisis y los casos de estudio. Siguiendo a Sabino (1992), el universo de estudio se define como un conjunto de elementos que, para su análisis, debe ser reducido a dimensiones operativas mediante un proceso de selección sistemático. El universo de análisis se conforma a partir de un proceso de filtrado sucesivo de viviendas. En primer lugar, se consideran aquellas localizadas en el Área Metropolitana de San Juan (AMSJ), Argentina. En segundo término, se seleccionan viviendas construidas entre 1990 y 2000, las cuales presentan entre 20 y 30 años de uso y han alcanzado su vida útil mínima (Secretaría de Vivienda, 2019). Esta delimitación temporal responde, además, al contexto histórico-urbano local, marcado por el proceso de reconstrucción posterior al sismo de 1944, y a la disponibilidad de imágenes satelitales de libre acceso desde 1985, fundamentales para la identificación del año de construcción. El tercer filtro excluye barrios de vivienda colectiva en altura y tipologías monoblock, priorizando viviendas unifamiliares individuales con mayor potencial de crecimiento, también se descartan las viviendas que incorporan un uso terciario (por ejemplo, kioscos).

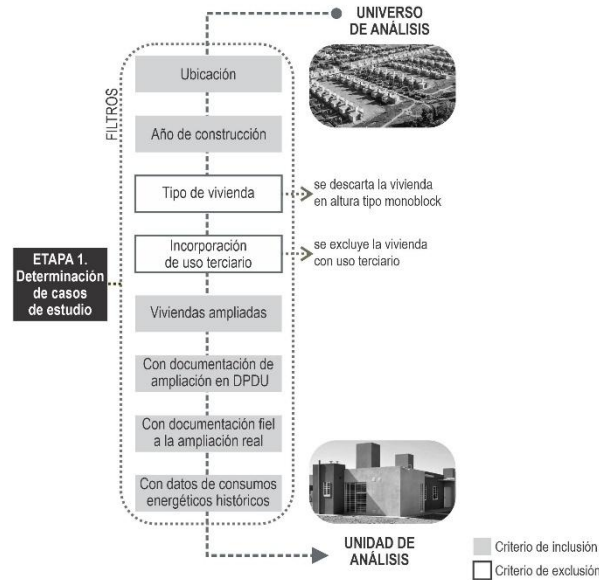
A continuación, se seleccionan aquellas viviendas que evidencian ampliaciones, identificadas mediante el análisis diacrónico de imágenes de Google Earth procesadas en el software QGIS. El quinto filtro corresponde a la disponibilidad de planos de arquitectura pre y post ampliación, obtenidos a partir del IPV y la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano (DPDU), ambas reparticiones de la provincia de San Juan. Esta información es indispensable para la caracterización constructiva y térmica de las viviendas en sus distintas etapas. Finalmente, se incorporan únicamente aquellas viviendas para las cuales se dispone de consumos históricos de electricidad y gas, suministrados por las empresas prestadoras correspondientes. En esta instancia se excluyen, además, aquellas unidades que hayan incorporado usos no residenciales. Las viviendas que cumplen con la totalidad de estos criterios conforman el universo definitivo de análisis.

La unidad de análisis se define como la vivienda unifamiliar individual perteneciente a barrios construidos por el IPV y localizados en el AMSJ, ámbito que concentra la mayor proporción de la población y de la producción habitacional pública provincial (Unidad de Infraestructura de datos espaciales [UNIDE], 2020). Las residencias que cumplen con la totalidad de estos criterios conforman el universo de análisis. A partir de este, se seleccionan los casos de estudio mediante un muestreo no probabilístico de tipo

intencional, en función de los objetivos de la investigación (Hernández-Sampieri et al. 2014). En este sentido, se priorizan aquellas viviendas que presentan mayor superficie ampliada, diversidad tipológica y riqueza morfológica, privilegiando la profundidad y calidad de la información por sobre la representatividad estadística (Figura 2). Por lo mencionado la cantidad de viviendas de la muestra, varía según el contexto de aplicación de la metodología propuesta.

Figura 2

Etapa 1 de la metodología. Determinación de casos de estudio.



Etapa 2. Variables de análisis

La investigación desarrolla un análisis diacrónico de la vivienda a partir de cuatro aspectos interrelacionados: arquitectura, envolvente, energía y uso. Cada aspecto se compone de variables dinámicas y complementarias que permiten evaluar decisiones de diseño, características constructivas, consumos energéticos y patrones de uso a lo largo de la fase de operación de la vivienda. El análisis se basa en fuentes de datos primarias y secundarias y se aplica de manera comparativa entre el prototipo original (PO), correspondiente a la vivienda en su estado inicial según proyecto del IPV, y el prototipo ampliado (PA), que representa la misma unidad habitacional luego de las transformaciones y ampliaciones realizadas durante la fase de uso. Esta comparación constituye el eje del enfoque diacrónico, permitiendo identificar la evolución de la vivienda y evaluar el impacto de dichas modificaciones.

Variables del aspecto arquitectura

Se consideran seis variables, obtenidas principalmente de los planos de arquitectura: 1- superficie (en m² y %), detallando superficies cubiertas y semicubiertas y su crecimiento porcentual; 2- orientación de la fachada principal; 3- ubicación en la parcela, identificando la condición de aislamiento o pareamiento; 4- Factor de Ocupación del Terreno (FOT), calculado a partir de los planos donde se indica la relación de la superficie edificable y la superficie total de la parcela (González, 2019), 5- el año de la ampliación más significativa para las variables de análisis, corroborado con imágenes satelitales de Google Earth y expresado como diferencia temporal respecto del PO, y 6- tipología arquitectónica, caracterizada a escala barrial.

Variables del aspecto envolvente

La selección se fundamenta en estudios previos sobre normativas de evaluación energética y de envolvente residencial a escala internacional (Michaux et al. 2023 y 2024), que permiten identificar indicadores representativos. Se definen siete variables, construidas a partir de los planos del PO y PA digitalizados y modelados en 2D (AutoCAD) y 3D (SketchUp), lo que facilita la obtención automatizada de superficies y volúmenes, reduciendo errores. Los datos se sistematizan en planillas Excel para ambos estados (PO y PA) de la vivienda. Las variables analizadas son: 1- envolvente (m^2), definida como el cerramiento opaco y transparente sin incluir el piso en contacto con el suelo (Instituto Argentino de Normalización y Certificación [IRAM], 2017); 2- Factor de Forma (FF), indicador de compacidad asociado a la demanda energética (Secretaría de Vivienda, 2019; Mendieta-Melchor, 2002) 3- Factor de Exposición (FE), calculado a partir de superficies efectivamente expuestas (Solís Recéndez, 2010); 4- Factor de Compacidad (FC), relacionado con pérdidas térmicas (IRAM, 2001); 5- Factor Área Envolvente Piso (FAEP), asociado a eficiencia formal y costos constructivos (Baserga, 2022; Esteves & Gelardi, 2013); 6- Factor de Aventanamiento (FA), clave en el desempeño energético y el confort (London Energy Transformation Initiative [LETI], 2020) y 7- Transmitancia térmica, calculada según Norma IRAM 11601(2002) y contrastada con los valores admisibles para Zona III de la Norma IRAM 11605 (2002).

Variables del aspecto energía

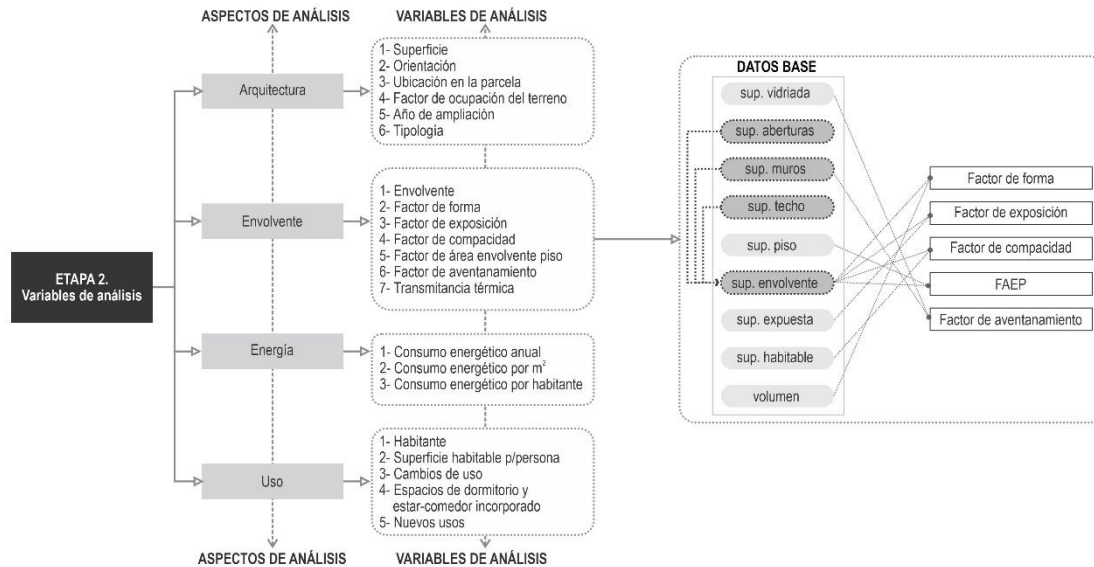
El análisis se basa en consumos energéticos reales, lo que permite una evaluación empírica del comportamiento energético de las viviendas (Nazeriye et al. 2021). Se consideran tres variables: 1- consumo energético anual, 2- consumo energético por m^2 y 3- consumo energético por habitante, calculadas a partir de datos secundarios. El consumo anual se obtiene de registros de energía eléctrica y gas proporcionados por las distribuidoras locales. El consumo por m^2 incorpora la información de superficie de los planos, mientras que el consumo por habitante se calcula a partir de encuestas estructuradas presenciales, que relevan la cantidad de ocupantes en cada etapa de crecimiento de la vivienda. El consumo energético anual ($kWh/año$) que resulta importante al vincularse con otros aspectos como patologías de construcción, niveles de aislaciones térmicas en la envolvente, entre otros (Flores-Larsen & Filippín, 2021). El consumo energético por m^2 ($kWh/m^2 \cdot año$) se contrasta con referencias internacionales (International Energy Agency [IEA], 2025) y nacionales, considerando estudios para distintas regiones climáticas de Argentina (Díaz & Czajkowski, 2008). El consumo energético por habitante ($kWh/hab \cdot año$) se compara con valores nacionales, regionales y globales.

Variables del aspecto uso

Se definen cinco variables obtenidas de encuestas y planos de arquitectura: 1- cantidad de habitantes, analizando niveles de hacinamiento antes y después de las ampliaciones según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2025); 2- superficie habitable por persona, comparada con referencias de las Naciones Unidas y de la Norma IRAM 11659 (2004); 3- cambios de uso respecto del PO; 4- incorporación de dormitorios y de espacios de estar-comedor (m^2 y %); y 5- nuevos usos (incluyen balcón/terraza, patio interno, cochera y depósito) identificados a partir de la documentación arquitectónica (Figura 3).

Figura 3

Etapa 2 de la metodología. Variables de análisis.



Etapa 3. Evolución diacrónica de la vivienda

Este apartado se orienta a analizar la dinámica de transformación y desarrollo de la vivienda del IPV a lo largo del tiempo, considerando los cuatro aspectos previamente definidos. A partir de la sistematización, análisis e interpretación de los datos relevados, se busca dar respuesta a una serie de interrogantes estructurantes:

- › ¿De qué manera evoluciona la vivienda del IPV en términos de configuración y diseño arquitectónico durante la fase de uso?
- › ¿Cómo se modifican las características de la envoltente desde el punto de vista tecnológico–constructivo a lo largo del tiempo?
- › ¿Cuál ha sido la evolución de las viviendas del IPV y de sus procesos de crecimiento en el AMSJ a partir de variables energéticas?
- › ¿Cómo se manifiesta la evolución de la vivienda del IPV en relación con los patrones y factores de uso?

Estos interrogantes permiten caracterizar el comportamiento general de la vivienda en distintos momentos temporales y evaluar el aporte de cada variable a la comprensión de los procesos de transformación, identificando aquellas con mayor o menor incidencia y su pertinencia para futuras instancias de análisis. Para ello, se realiza un análisis comparativo entre el PO y el PA, utilizando los datos correspondientes a cada variable. El procesamiento se lleva a cabo mediante planillas Excel, representaciones gráficas y técnicas de análisis estadístico univariado, que facilitan la interpretación de los cambios experimentados por la vivienda a lo largo del tiempo y permiten depurar el conjunto de variables a profundizar en la etapa posterior de análisis estadístico.

Etapa 4. Análisis estadísticos multivariados

Este apartado tiene como objetivo realizar el análisis estadístico de las variables significativas en la evolución de la vivienda. Para el análisis se utiliza el software R, de libre acceso. Dicho software permite desarrollar una amplia variedad de técnicas estadísticas, modelado lineal y no lineal, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series temporales, clasificación, agrupamiento, entre otras (R Foundation, 2023). En R se realizan dos tipos de análisis multivariado que permitirán alcanzar los objetivos planteados: los Modelos de Clúster (MC) y los Modelos de Regresión Lineal Múltiple (MRLM).

Modelos de clúster

Con el fin de identificar las viviendas que presentan ampliaciones con mejor desempeño, se aplica un MC a los casos de estudio definidos en el apartado anterior. Este análisis estadístico permite clasificar y agrupar las viviendas según sus patrones de crecimiento, considerando los cuatro aspectos analizados, y distinguir entre ampliaciones de carácter óptimo, intermedio y regular. El MC constituye una técnica exploratoria de agrupamiento que organiza observaciones con características similares en grupos que comparten propiedades comunes, facilitando la gestión de grandes volúmenes de datos y la identificación de patrones de similitud y disimilitud (Bacallao-Gallestey, 2026). El procedimiento busca maximizar la homogeneidad dentro de cada grupo y la heterogeneidad entre grupos.

Para la implementación de los MC en el software R se consideran tres etapas: la selección de las variables de agrupamiento, la definición de las medidas de proximidad entre observaciones y la conformación de los clústers. Previamente, se recomienda sistematizar las variables en una planilla, indicando sus valores óptimos y las fuentes de información correspondientes, dado que estos dependen del contexto climático y geográfico. Bajo este criterio, se consideran ampliaciones óptimas aquellas viviendas cuyos valores se encuentran por debajo de los valores óptimos establecidos para cada variable. Al final, deben quedar definidos tres MC, los de viviendas ampliadas de manera óptima, media y regular.

Modelos de regresión lineal múltiple

El modelo de regresión lineal múltiple (MRLM) se emplea para identificar las variables con mayor incidencia en los procesos de crecimiento de la vivienda y su influencia sobre los consumos energéticos, permitiendo explicar la variabilidad observada en la variable de respuesta a partir de un conjunto de predictores (International Business Machines [IBM], 2025). En este estudio, se desarrollan tres modelos correspondientes a los tres MC definidos previamente, con datos estandarizados para facilitar la comparación entre predictores bajo una escala común, siguiendo el principio de parsimonia metodológica (Amat, 2016).

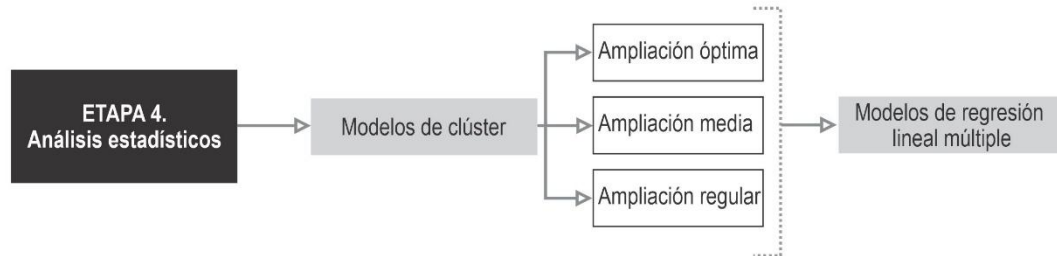
Un supuesto fundamental del MRLM es la ausencia de colinealidad entre predictores, por lo que se evalúa la correlación entre variables antes del ajuste, excluyendo aquellos predictores que presentan alta colinealidad y menor capacidad explicativa. Asimismo, se analizan posibles valores atípicos que puedan distorsionar las estimaciones, utilizando el paquete performance de R para evaluar la calidad del modelo y su bondad de ajuste (Lüdecke, 2021).

La significancia estadística de las relaciones se evalúa mediante el p-value, considerando valores inferiores a 0,05 como indicativos de asociaciones significativas, mientras que el coeficiente de correlación r informa sobre la dirección e intensidad de las relaciones lineales entre variables (Apezteguía & Ferrario, 2019). Para la interpretación de la magnitud de r, se utilizan criterios de referencia ampliamente aceptados

en la literatura, interpretando los umbrales de acuerdo con el contexto específico de la investigación (Ferrero, 2019) (Figura 4).

Figura 4

Etapa 4 de la metodología. Análisis estadísticos.



Etapa 5. Lineamientos de ampliación eficiente

Esta etapa de la metodología se orienta a la formulación de lineamientos arquitectónicos y tecnológico-constructivos con criterio de eficiencia energética, aplicables a prototipos de vivienda del IPV y a la definición de pautas integrales para su crecimiento y ampliación residencial. Los lineamientos propuestos se construyen a partir de criterios propios, en conjunto con recomendaciones derivadas de normativas y marcos de referencia nacionales e internacionales vigentes en la temática.

El proceso metodológico consiste en el análisis individual de cada variable considerada, para la cual se establecen valores óptimos, rangos de desempeño deseables y formas de resolución adecuadas, según corresponda. Posteriormente, estos lineamientos se articulan y agrupan con el fin de conformar propuestas de ampliación eficientes, diferenciadas según las características identificadas en cada clúster, los distintos grupos de análisis (arquitectura, envolvente, energía y uso) y los prototipos arquitectónicos relevados.

Finalmente, los resultados de esta etapa se presentan en forma de recomendaciones y sugerencias operativas, orientadas a apoyar la toma de decisiones en procesos de ampliación de la vivienda social, promoviendo mejoras en el desempeño energético y en la calidad habitacional durante la fase de uso.

Aplicación de lineamientos de ampliación eficiente

Con el objetivo de validar la metodología propuesta, se aplican los lineamientos de ampliación eficiente a un prototipo de vivienda del IPV representativo del clúster de ampliación regular. Los resultados de la ampliación eficiente se contrastan con los consumos energéticos reales, obtenidos a partir de las boletas de energía, con el fin de evaluar el impacto de la aplicación de dichos lineamientos. El procedimiento metodológico se desarrolla en las siguientes etapas:

1. Selección del caso de estudio, correspondiente a una vivienda de la muestra que, de acuerdo con la clasificación del MC, no presenta una ampliación eficiente.
2. Simulación del PO de la vivienda seleccionada mediante el software EnergyPlus (programa de simulación energética integral de edificios), obteniéndose la Simulación Base (SB).
3. Aplicación de los lineamientos de ampliación eficiente sobre la SB y estimación del consumo energético asociado a la ampliación propuesta. Este modelo se calibra considerando la base

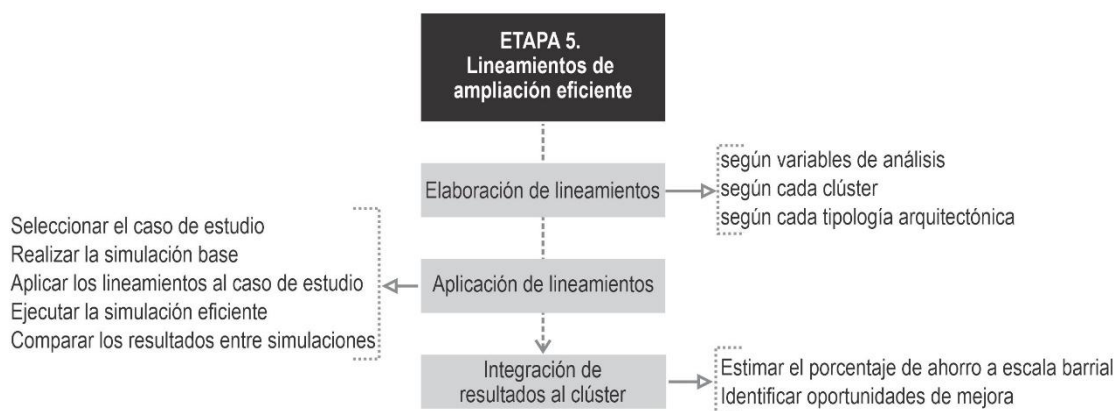
climática local, la cantidad de habitantes, el equipamiento, los horarios de uso y los consumos energéticos registrados en la vivienda, obteniéndose la Simulación Eficiente (SE).

4. Comparación entre los consumos energéticos reales de la vivienda en su estado actual y la demanda energética resultante de la SE, con el fin de cuantificar los potenciales ahorros energéticos.

Integración de resultados a las viviendas del clúster

De manera complementaria, los ahorros energéticos estimados en la SE se extrapolan a las viviendas pertenecientes al mismo clúster. Para ello, se considera la cantidad de barrios que integran el clúster y el número de viviendas ampliadas en cada uno. Asimismo, los ahorros pueden proyectarse de forma retrospectiva, incorporando el tiempo durante el cual las viviendas han permanecido ampliadas de manera ineficiente, a partir de los datos de construcción del barrio y del año de ampliación de cada vivienda, utilizando valores promedio cuando resulte necesario. Este enfoque permite estimar el potencial de ahorro energético a escala del conjunto residencial, identificar oportunidades de mejora y orientar estrategias de eficiencia energética priorizando aquellas intervenciones con mayor impacto. A su vez, el análisis a escala intermedia facilita la replicabilidad de iniciativas exitosas y la reformulación de aquellas menos efectivas (Palani, 2023). En este sentido, los resultados constituyen un aporte relevante, dado que diversos estudios destacan la importancia de extrapolar ahorros obtenidos a partir de casos residenciales individuales para cuantificar beneficios económicos y ambientales a nivel colectivo (Chinthavali et al. 2019) (Figura 5).

Figura 5
Etapa 5 de la metodología. Lineamientos de ampliación eficiente.



Etapa 6. Potencialidad de ahorro

Dado que el sector residencial concentra una proporción significativa del consumo mundial de energía primaria y constituye una de las principales fuentes de emisiones de CO₂, resulta prioritario cuantificar tanto su consumo energético como el potencial de ahorro asociado, a fin de identificar estrategias eficaces para su reducción (Pica et al. 2022). El análisis integral del ahorro energético en viviendas adquiere relevancia no solo por su contribución a la mitigación del cambio climático, sino también por su capacidad para disminuir los costos energéticos y orientar el diseño de políticas públicas más eficientes, en línea con los principios de la eficiencia energética sostenible (Berretta et al. 2021)

En este marco, diversos estudios han abordado la cuantificación del ahorro energético residencial, tanto en términos energéticos como económicos, a partir de mejoras en la envolvente edilicia (Owolabi et al. 2023). Asimismo, Andor et al. (2021) destacan que la implementación de medidas de eficiencia energética en viviendas permite alcanzar reducciones sustanciales del consumo y del gasto energético, contribuyendo a un desarrollo más sostenible y a la disminución de la huella de carbono.

Bajo este enfoque, el potencial de ahorro derivado de la ampliación eficiente propuesta en esta investigación se evalúa a partir de tres dimensiones complementarias: ahorro energético, ahorro ambiental, expresado en emisiones de CO₂, y ahorro económico. Desde el punto de vista metodológico, el proceso de cálculo se basa en la determinación precisa del ahorro energético, tomando como referencia los escenarios de SB y la SE, a partir de los cuales se infieren los ahorros ambiental y económico.

Ahorro energético

El ahorro energético se cuantifica como la diferencia de la energía total anual en kWh entre los casos SE y SB. También se obtienen los ahorros en MWh y en porcentaje y, de forma complementaria, los ahorros por m². Para ello, se determina el consumo energético anual por m² de las viviendas del clúster seleccionado (utilizando el promedio) luego de sus ampliaciones. Seguidamente, con base en los resultados de la SE, se obtiene el consumo por m² de la vivienda con crecimiento eficiente.

Ahorro en emisiones

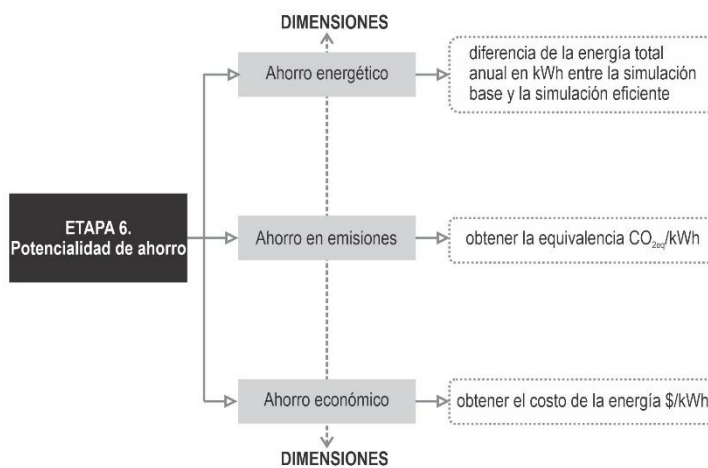
En este apartado se realiza el análisis de las emisiones que se evitan al ampliar de forma eficiente. Para esto se trabaja con los kWh de la SB y de la SE y su equivalente en CO_{2eq}/kWh. Para obtener el ahorro en emisiones de CO₂ asociadas al consumo de recursos energéticos se utiliza el factor de emisión del año 2021 (el último disponible al momento) el cual se basa en la “Herramienta para calcular el factor de emisión de un sistema eléctrico” de las Naciones Unidas (2018). Para Argentina el factor de emisión es de 0,46 t CO₂/MWh (Secretaría de Energía, 2023). También se obtiene el ahorro en t CO_{2eq}.

Ahorro económico

En este apartado se estudia el ahorro económico que se obtiene al realizar un proceso de crecimiento eficiente, para lo cual se hace uso del costo de la energía (\$/kWh). Primeramente, se identifica a qué tipo de uso residencial pertenece la vivienda elegida para validar. Este dato se obtiene de la factura de energía, ya que el suministro eléctrico posee un régimen tarifario que se clasifica en diferentes categorías según la demanda. Generalmente, los usos residenciales se enmarcan en la categoría de “pequeñas demandas residenciales”. Consecutivamente, para cada categoría existen distintos parámetros tarifarios según el nivel de consumos bimestral (Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética, 2017). Luego de determinar el perfil residencial se obtiene el costo del kWh y consecutivamente, este valor se transforma a dólares. Por tanto, con base en la energía ahorrada, es posible obtener su equivalente en US\$ anuales (Figura 6).

Figura 6

Etapa 6 de la metodología. Potencialidad de ahorro.



Aplicación

La validación conceptual de la metodología propuesta se desarrolla en profundidad en trabajos previos, donde se analiza un conjunto de 24 viviendas sociales del IPV del AMSJ, construidas entre 1990 y 2000 y evaluadas a lo largo de 30 años de vida útil. En el presente artículo, se incorpora una síntesis de dicha aplicación con el fin de evidenciar la operatividad del modelo y su capacidad de producir resultados coherentes.

En este marco, se selecciona un caso representativo correspondiente al clúster de ampliación regular, definido a partir del análisis estadístico multivariado. La elección del caso no responde a un criterio arbitrario, sino a su pertenencia a un grupo caracterizado por patrones de crecimiento con bajo desempeño energético, lo que lo convierte en un escenario pertinente para evaluar el impacto potencial de la metodología.

Desde el punto de vista arquitectónico, el caso corresponde a una vivienda del AMSJ, con una superficie original aproximada de 57,6 m², que alcanza una superficie ampliada de 94.1 m², evidenciando un crecimiento significativo durante la fase de uso. La vivienda presenta una configuración típica de los prototipos analizados, con orientación norte, y un sistema constructivo predominante basado en muros de mampostería tradicional sin aislamiento térmico y cubierta de losa de hormigón armado.

En términos de envoltente, el caso refleja las condiciones propias del clúster regular, con valores de factor de aventanamiento elevados, incremento de la superficie expuesta y transmitancias térmicas por encima de los valores recomendados, lo que incide directamente en el aumento de la demanda energética. Desde el aspecto de uso, se registra un incremento en la cantidad de habitantes y en la superficie habitable, acompañado por la incorporación de nuevos espacios, lo que refuerza la complejidad del análisis diacrónico.

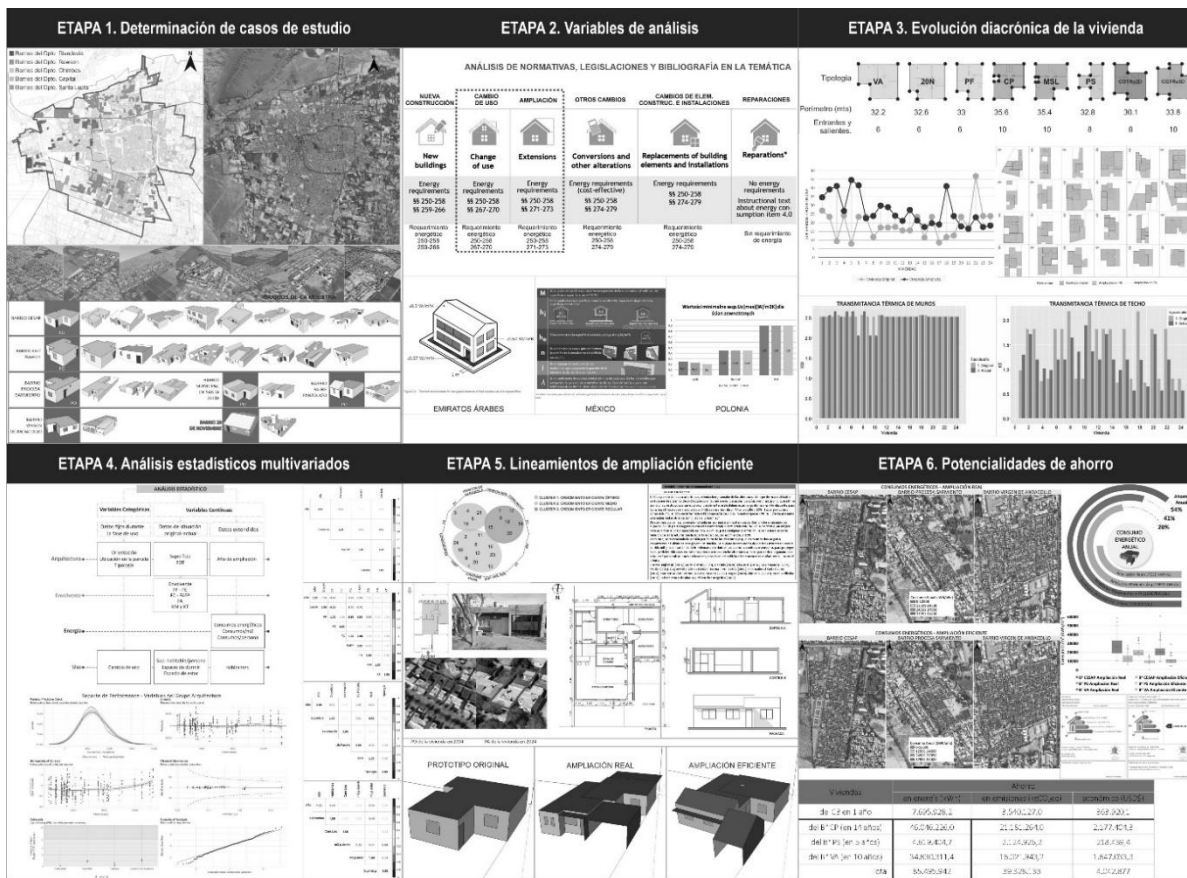
La aplicación de la metodología se materializa a través de la SB, la simulación de la ampliación real (SA) y la SE. Los resultados evidencian que, mientras la ampliación real incrementa la demanda

energética, la implementación de lineamientos de crecimiento eficiente permite una reducción del consumo energético del orden del 54% respecto de la ampliación existente.

En términos absolutos, esto se traduce en una disminución significativa del consumo energético anual de 9.239 kWh/año, así como en una reducción proporcional de emisiones de CO₂ y costos energéticos asociados. Estos resultados no deben interpretarse como valores generalizables, sino como una demostración del funcionamiento del modelo, que permite cuantificar el impacto de decisiones de diseño en el desempeño energético de la vivienda.

Finalmente, la extrapolación de estos resultados a escala de conjunto permite dimensionar el potencial de la metodología como herramienta de planificación, evidenciando que la incorporación sistemática de criterios de ampliación eficiente podría generar reducciones significativas del consumo energético a nivel urbano (Figura 7).

Figura 7
Aplicación de la metodología.



Discusión

La presente investigación se inscribe en un campo donde predomina la producción de resultados empíricos asociados a casos de estudio específicos. En este contexto, el principal aporte del trabajo no radica en la obtención de resultados cuantitativos derivados de una aplicación exhaustiva, sino en la construcción, sistematización y validación conceptual de una metodología de evaluación diacrónica orientada al análisis del impacto energético de las ampliaciones residenciales en vivienda social.

En este sentido, la aplicación presentada en el artículo debe ser interpretada como una instancia de verificación operativa y demostrativa, destinada a evidenciar la coherencia interna, trazabilidad y capacidad de implementación de la metodología, más que como un ejercicio de validación empírica en sentido estricto.

A partir de esta aclaración, los resultados obtenidos permiten discutir dos aspectos centrales. Por un lado, la pertinencia del enfoque diacrónico para abordar la vivienda social como un proceso dinámico, evidenciando que las ampliaciones residenciales no constituyen eventos aislados, sino transformaciones acumulativas que inciden simultáneamente en la arquitectura, la envolvente, el desempeño energético y los patrones de uso. Por otro, la capacidad integradora de la metodología, que articula variables heterogéneas en un mismo marco analítico, superando los enfoques tradicionales de carácter sincrónico.

El análisis multivariado y la identificación de clústers, si bien se presentan apoyados en datos empíricos, deben leerse en clave metodológica, en tanto permiten demostrar la operatividad de las herramientas analíticas propuestas y su potencial para identificar patrones de comportamiento y variables críticas. En este sentido, la metodología no solo organiza la información, sino que habilita nuevas formas de interpretación del proceso de crecimiento residencial.

Asimismo, la formulación de lineamientos de ampliación eficiente constituye una instancia clave de la metodología, al traducir los resultados analíticos en criterios de diseño aplicables. La posterior aplicación de estos lineamientos a un caso representativo no busca generalizar resultados, sino ilustrar el funcionamiento del modelo como un sistema de toma de decisiones, análogo a la ejecución de un programa o software.

Finalmente, la extrapolación de resultados a escala de conjunto permite dimensionar el potencial impacto del enfoque propuesto, no como una predicción cerrada, sino como un ejercicio prospectivo que refuerza el valor de la metodología como herramienta para la planificación y la formulación de políticas públicas.

Conclusiones

La principal contribución de la investigación radica en el desarrollo de una metodología de evaluación diacrónica del impacto energético en la vivienda social, que alcanza un nivel de validación conceptual suficiente para su aplicación en estudios posteriores. La metodología propuesta integra de manera sistemática dimensiones arquitectónicas, constructivas, energéticas y de uso, lo que permite abordar la complejidad del fenómeno de las ampliaciones residenciales desde una perspectiva integral.

La aplicación presentada en el artículo permite verificar su factibilidad operativa, evidenciando que el modelo puede ser implementado mediante herramientas accesibles y procedimientos claramente definidos. Asimismo, el estudio sienta las bases para futuras investigaciones que profundicen en la aplicación de la metodología en diferentes contextos territoriales y climáticos, así como para su utilización en ámbitos de gestión y planificación habitacional.

Asimismo, se destaca el potencial de la metodología como instrumento para la toma de decisiones en políticas públicas, particularmente en contextos donde la vivienda social se configura como un proceso evolutivo y autogestionado.

Contribución de Autoría CRediT

- › **Conceptualización:** Ideas; formulación o evolución de los objetivos y metas generales de la investigación. (Michaux y Viegas)
- › **Metodología:** Desarrollo o diseño de la metodología; creación de modelos. (Michaux y Viegas)
- › **Software:** Programación, desarrollo de software; diseño de programas informáticos; implementación del código informático y de los algoritmos de apoyo; prueba de los componentes de código existentes.
- › **Validación:** Verificación, ya sea como parte de la actividad o por separado, de la replicabilidad/reproducción general de los resultados/experimentos y otros productos de la investigación. (Michaux y Viegas)
- › **Análisis formal:** Aplicación de técnicas estadísticas, matemáticas, computacionales u otras técnicas formales para analizar o sintetizar datos de estudio.
- › **Investigación:** Realización de una investigación y proceso de investigación, realizando específicamente los experimentos, o la recolección de datos/evidencia. (Michaux y Viegas)
- › **Recursos:** Suministro de materiales de estudio, reactivos, materiales, pacientes, muestras de laboratorio, animales, instrumentación, recursos informáticos u otras herramientas de análisis.
- › **Curación de datos:** Actividades de gestión para anotar (producir metadatos), depurar datos y mantener los datos de la investigación (incluido el código de software, cuando sea necesario para interpretar los propios datos) para su uso inicial y su posterior reutilización.
- › **Redacción - Borrador Original:** Preparación, creación o presentación del trabajo publicado, específicamente la redacción del borrador inicial (incluyendo la traducción sustantiva). (Michaux)
- › **Redacción - Revisión y Edición:** Preparación, creación o presentación del trabajo publicado por los miembros del grupo de investigación original, específicamente revisión crítica, comentario o revisión – incluyendo las etapas previas o posteriores a la publicación. (Michaux y Viegas)
- › **Supervisión:** Responsabilidad de supervisión y liderazgo en la planificación y ejecución de actividades de investigación, incluyendo la tutoría externa al equipo central.
- › **Administración del proyecto:** Responsabilidad de gestión y coordinación de la planificación y ejecución de la actividad de investigación.
- › **Adquisición de fondos:** Adquisición del apoyo financiero para el proyecto que conduce a esta publicación.

Declaratoria de uso de inteligencia artificial en este documento

No corresponde.

Declaración de intereses contrapuestos

Las autoras declaran no tener intereses contrapuestos.

Disponibilidad de datos

No corresponde.

Política de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial

No corresponde.

Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas por el financiamiento de la tesis doctoral de la autora, de la cual este artículo es producto y al Instituto Regional de Planeamiento y Hábitat (IRPHA) de la FAUD.

Referencias

- Agyefi-Mensah, S. (2013). *Functionality and adaptability of design solutions for public apartment buildings in Ghana: towards evidence-based design for sustainable lifespan building performance*. [Tesis doctoral, Universidad Técnica de Eindhoven]. <https://doi.org/10.6100/IR762203>.
- Amat, J. R. (Julio de 2016). *Introducción a la Regresión Lineal Múltiple*. Ciencia de Datos. https://www.cienciadedatos.net/documentos/25_regresion_lineal_multiple.html.
- Andor, M. A., Bernstein, D. H., & Sommer, S. (2021). Determining the efficiency of residential electricity consumption. *Empirical Economics*, 60(6), 2897–2923. <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01967-4>
- Apezteguía, M. C., & Ferrario J. (2019). *Probabilidades y Estadística Análisis de datos*. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. EDULP. (1° ed.). <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/view/1105/1090/3576-1>
- Bacallao-Gallestey, J. (1 de mayo de 2026). *Cluster analysis*. Britannica. <https://www.britannica.com/topic/cluster-analysis>.
- Baserga, M. F. (2022). *Relación entre los parámetros de la forma edificatoria y el comportamiento energético en las escuelas de clima extremo de argentina* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/entities/publication/ace9e1f7-3996-4c2c-9001-acedccd6341e>
- Berretta, M., Furgeson, J., Wu, Y., Zamawe, C., Hamilton, I., & Eyers, J. (2021). Residential energy efficiency interventions: A meta-analysis of effectiveness studies. *Campbell Systematic Reviews*, 17(4). <https://doi.org/10.1002/CL2.1206>.
- Cacopardo, G., & Santacroce, F. M. (2024). Propuesta de vivienda progresiva para el hábitat popular en el periurbano de Mar del Plata. *Investigación + Acción*, 25, 163–193. <https://revistasfaud.mdp.edu.ar/ia/article/view/658>.
- Chinthavali, S., Tansakul, V., Lee, S., Tabassum, A., Munk, J., Jakowski, J., Starke, M., Kuruganti, T., Buckberry, H., & Leverette, J. (13 de noviembre de 2019). *Quantification of energy cost savings through optimization and control of appliances within smart neighborhood homes*. Proceedings of the 1st ACM International Workshop on Urban Building Energy Sensing, Controls, Big Data Analysis, and Visualization. UrbSys '19, 59–68. <https://doi.org/10.1145/3363459.3363535>.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (Vol. 2). Lea edición. <https://utstat.utoronto.ca/brunner/oldclass/378f16/readings/CohenPower.pdf>

- Díaz, C. J., & Czajkowski, J. D. (11-14 de noviembre de 2008). *Consumo energético en viviendas sociales de Tierra del Fuego*. XXXI Congreso de Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente, Mendoza, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95288>
- Esteves, A., & Gelardi, D. (2013). Relación entre los costos relativos de viviendas sustentables y su forma. *Revista Científica de La Universidad de Mendoza*. <https://repositorio.um.edu.ar/handle/20.500.14793/697>
- Ferrero, R. (febrero de 2019). *Análisis de correlación*. Máxima formación. <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/analisis-de-correlacion-guia-rapida-en-r/>
- Fiscarelli, D. (2018). Aspectos cualitativos de la vivienda de interés social: Aproximaciones teóricas desde la complejidad del proyecto. *Arquisur Revista*, 8(13), 1–12. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/106833>
- Flores-Larsen, S., & Filippín, C. (2021). Consumo eléctrico de 75 viviendas de un barrio de interés social en La Pampa. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 47, 35–48. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/erma/article/view/2849>
- Gelabert-Abreu, D., & González Couret, D. (2013). Vivienda progresiva y flexible. Aprendiendo del repertorio. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIV (2), 48–63. <https://www.redalyc.org/pdf/3768/376834401005.pdf>
- Gonzalez, M. (13 de febrero de 2019). *Qué es el FOT y el FOS*. Marcela Gonzalez Asesoramiento Inmobiliario. <https://martilleramarcelag.wixsite.com/asesoramiento/post/qu%C3%A9-es-el-fot-y-el-fos>
- Habraken, N. J. (2005). *What is Open Building?* N. John Habraken https://www.habraken.com/html/open_building.htm
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*. (6° ed.). McGraw Hill Education. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). *Norma IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. <https://arquitectoserdeiro.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/04/iram-11605.pdf>
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). *Norma IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. https://tallerac1.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/08/iram_11601-1.pdf
- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2004). *Norma IRAM 11659-1. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración*. <https://es.scribd.com/document/471292242/IRAM-11659-1-Aislamiento-termico-Ahorro-de-energia-en-refrigeracion-Parte-1>

- Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2017). *Norma IRAM 11900. Prestaciones energéticas en viviendas*.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2025). *Indicadores de condiciones de vida de los hogares en 31 aglomerados urbanos*. Vol. 10, N°102.
https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/eph_indicadores_hogares_04_266C2447C938.pdf
- International Business Machines. (3 de julio de 2025). *Regresión lineal múltiple*. IBM Cognos Analytics.
<https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.1.0?topic=tests-multiple-linear-regression>
- International Energy Agency. (2025). *World Energy Outlook 2025*. IEA Reports.
<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2025>
- Kassem, A., Eldanaf, T. S., Camponogara, M., & Hamdan, W. (2025). Designing for change: performative and flexible approaches to contemporary housing. *Frontiers in Built Environment*, 11, 1677525. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2025.1677525>
- London Energy Transformation Initiative. (2020). *Climate Emergency Design Guide*. London Energy Transformation Initiative. <https://www.leti.uk/cedg>
- Lüdecke, D., Ben-Shachar, M. S., Patil, I., Waggoner, P., & Makowski, D. (2021). Performance. An R Package for Assessment, Comparison and Testing of Statistical Models. *Journal of Open-Source Software*, 6(60), 3139. <https://doi.org/10.21105/JOSS.03139>.
- Mendieta-Melchor, E. F. (2002). Energía Solar y Arquitectura. *Revista Digital Universitaria*, 3(2).
<https://www.revista.unam.mx/vol.3/num1/art2/index.html>
- Michaux, M. C., Viegas, G. M., & Blasco-Lucas, I. A. (2024). Envelope and diachronicity in residential energy assessment regulations. *Estoa. Journal of the Faculty of Architecture and Urbanism*, 13(25), 69–82. <https://doi.org/10.18537/est.v013.n025.a04>
- Michaux, M. C., Viegas, G. M., & Blasco-Lucas, I. A. (2023). Normativas internacionales sobre eficiencia energética edilicia: Análisis comparativo de evaluaciones en la envolvente arquitectónica. *Anales de Investigación en Arquitectura*, 13(1).
<https://doi.org/10.18861/ania.2023.13.1.3369>
- Michaux, M. C. (2024). *Metodología de evaluación diacrónica de la eficiencia energética de los procesos de ampliación residencial. Caso de estudio: viviendas IPV* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de San Juan]. <https://faud.unsj.edu.ar/metodologia-de-evaluacion-diacronica-de-la-eficiencia-energetica-en-los-procesos-de-ampliacion-residencial-caso-de-estudio-viviendas-ipv/>
- Mlote, D.S., Budig, M., & Cheah, L. (2024). Adaptability of buildings: a systematic review of current research. *Front. Built Environ.* 10:1376759. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1376759>
- Mostofinejad, D., Aghamohammadi, O., Bahmani, H., & Ebrahimi, S. (2023). Improving thermal characteristics and energy absorption of concrete by recycled rubber and silica fume. *Developments in the Built Environment*, 16, 100221. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100221>

- Naciones Unidas. (2018). *Eficiencia de los recursos para el desarrollo sostenible*. Mensajes clave para el grupo de los 20. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/irp_g20_report_eficiencia_de_los_recursos_esanol_0.pdf
- Napieralska, Z., & Attia, S. (2023). Building vertical extensions and increasing housing stock in cities: review of selected european research. *Teka Komisji Urbanistyki i* 321-338. <https://doi.org/10.24425/tkuia.2023.148981>
- Nazeriye, M., Haeri, A., Haghighat, F., & Panchabikesan, K. (2021). Understanding the influence of building characteristics on enhancing energy efficiency in residential buildings: A data mining-based study. *Journal of Building Engineering*, 43, 103069. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2021.103069>
- Owolabi, A. B., Yahaya, A., Li, H. X., & Suh, D. (2023). Analysis of the Energy Performance of a Retrofitted Low-Rise Residential Building after an Energy Audit. *Sustainability*, 15(16), 12129. <https://doi.org/10.3390/su151612129>
- Palani, M. (10 de junio de 2023). *Empowering Communities through Energy Conservation Education: Paving the Way to a Sustainable Future*. <https://www.linkedin.com/pulse/empowering-communities-through-energy-conservation-education-palani>
- Pelsmakers, S., & Warwick, E. (2022). Housing adaptability: new research, emerging practices and challenges. *Buildings and Cities*, 3(1), pp. 605–618. <https://doi.org/10.5334/bc.266>
- Pica, A. S., Banescu, I. E., & Puchianu, D. C. (30 junio al 01 de julio de 2022). Energy consumption analysis in the field of residential constructions. *2022 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2022*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ECAI54874.2022.9847315>.
- Queiroz-Brandão, D., & Mählmann-Heineck, L. F. (2003). Significado multidimensional e dinâmico do morar: compreendendo as modificações na fase de uso e propondo flexibilidade nas habitações sociais. *Ambiente Construído*, 3(4), 35–48. <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/6932>.
- R Foundation. (2023). *The R Project for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>
- Sabino, C. A. (1992). *El proceso de investigación*. (2° ed.) Panapo. https://paginas.ufm.edu/sabino/ingles/book/proceso_investigacion.pdf
- Secretaría de Energía. (15 de marzo de 2023). *Cálculo del factor de emisión de la red 2013 a 2021*. Recursos. https://datos.gob.ar/el/dataset/energia-calculo-factor-emision-co2-red-argentina-energia-electrica/archivo/energia_bb224835-bfec-4527-84f4-48699f50c6bb
- Secretaría de Vivienda. (2019). *Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social. Marco para la promoción de viviendas inclusivas, asequibles y sostenibles*. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estandares_minimos_de_calidad_para_viviendas_de_interes_social_2019.pdf
- Solís-Recéndez, D. H. (2010). *Simulación térmica para evaluar medidas de climatización pasiva en vivienda de interés social: clima cálido-seco* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/368431>

- Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética. (2017). *Uso Racional y Eficiente de la Energía* (Vol. 1). https://wwfar.awsassets.panda.org/downloads/uso_racional_y_eficiente_de_la_energia_material_docente.pdf
- Teles, R., & González, M. S. (2013). Ampliaciones en viviendas sociales - Estudio de caso en Ivoti - Brasil. *Revista Ingeniería de Construcción*, 28(3), 237–250. <https://doi.org/10.4067/s0718-50732013000300002>.
- Tomadoni, M. M., & Díaz-Varela, M. J. (2017). Sustentabilidad en la vivienda de interés social en mar del plata: una metodología para su evaluación a partir de indicadores. *I+A Investigación + Acción*, 20(19), 99–122. <https://revistasfaud.mdp.edu.ar/ia/article/view/IA19-06>
- Unidad de Infraestructura de datos espaciales. (2020). *Localización de Barrios IPV*. <https://web.sanjuan.gob.ar/unide/>
- Viriezky, V., Susanto, D., & Alkadri, M. F. (2025). Flexible and Sustainable Incremental Houses: Advancing Semi-Volumetric Systems of Prefabricated Construction for Rapid Urbanization in Indonesia. *Infrastructures*, 10(1), 5. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10010005>