



Universidad Nacional  
de San Juan



Facultad de Arquitectura,  
Urbanismo y Diseño



Doctorado en Arquitectura  
y Urbanismo

## TESIS DOCTORAL

---

# METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DIACRÓNICA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LOS PROCESOS DE AMPLIACIÓN RESIDENCIAL CASO DE ESTUDIO: VIVIENDAS IPV

**Arq. María Celina Michaux**

Director

Dra. Arq. Graciela Melisa Viegas

Codirector

Dra. Arq. Irene Alicia Blasco Lucas

Asesor Temático

Dra. Arq. Alción de las Pléyades Alonso Frank

Octubre 2024 | San Juan, Argentina





Michaux, María Celina

Metodología de evaluación diacrónica de la eficiencia energética en los procesos de ampliación residencial: caso de estudio: viviendas IPV / María Celina Michaux; Contribuciones de Irene Alicia Blasco Lucas; Alción de las Pléyades Alonso Frank. - 1a ed. - San Juan: Universidad Nacional de San Juan, 2025.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-950-605-953-8

1. Arquitectura. 2. Diseño Sustentable. 3. Viviendas de Interés Social. I. Blasco Lucas, Irene Alicia, colab. II. Alonso Frank, Alción de las Pléyades, colab. III. Título. CDD 343.0929

San Juan, julio de 2025.

Editorial Universidad Nacional de San Juan

Departamento Publicaciones  
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño  
Universidad Nacional de San Juan

Decano | M. Arq. Carlos Marcelo HERRERA  
Vice Decana | Esp. Arq. Aida CÁLIZ  
Sec. Académica | Arq. Carina CARESTIA  
Sec. de Extensión Universitaria | Mag. D.G. Nelson CERVIÑO  
Director de Posgrado | Esp. Arq. Fernando GIUDICI

Avda. Ignacio de la Roza 590 Oeste.  
Complejo Universitario "Islas Malvinas"  
CPA J5402DCS Rivadavia, San Juan  
San Juan, República Argentina  
Teléfono +54 264 4232395 / 4260104  
[www.faud.unsj.edu.ar](http://www.faud.unsj.edu.ar)

ÍNDICE DE CONTENIDO	
RESUMEN.....	11
CAPÍTULO 1 FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
SÍNTESIS .....	15
1.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	16
1.1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	18
1.1.3 PROBLEMA.....	18
1.1.4 APORTE AL CONOCIMIENTO Y JUSTIFICACIÓN .....	20
1.1.5 OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	21
1.1.6 TIPO DE TESIS .....	23
1.1.7 METODOLOGÍA.....	23
1.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	26
1.2.1 CONTEXTO ENERGÉTICO-AMBIENTAL .....	26
1.2.2 SECTOR RESIDENCIAL Y SU INFLUENCIA EN EL CONTEXTO ENERGÉTICO .....	30
1.2.3 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL COMO SOLUCIÓN .....	33
1.2.4 LA ENVOLVENTE Y LA ARQUITECTURA EN EL AHORRO DE ENERGÍA .....	34
1.3 ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA Y ANTECEDENTES.....	35
1.3.1 LA VIVIENDA SOCIAL.....	35
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DIACRÓNICA.....	51
SÍNTESIS .....	53
PROPUESTA METODOLÓGICA .....	54
2.1. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....	56
2.2. VARIABLES DE ANÁLISIS .....	57
2.2.1. VARIABLES DEL ASPECTO ARQUITECTURA .....	58
2.2.2. VARIABLES DEL ASPECTO ENVOLVENTE .....	59
2.2.3. VARIABLES DEL ASPECTO ENERGÍA.....	62
2.2.4. VARIABLES DEL ASPECTO USO.....	64
2.3 EVOLUCIÓN DIACRÓNICA DE LA VIVIENDA .....	65
2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS MULTIVARIADOS.....	66
2.4.1. MODELOS DE CLÚSTER.....	67
2.4.2. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE.....	67
2.5. LINEAMIENTOS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE .....	69
2.6. APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE .....	70
2.6.1. INTEGRACIÓN DE RESULTADOS A LAS VIVIENDAS DEL CLÚSTER.....	70

2.7.	POTENCIALIDAD DE AHORRO .....	71
2.7.1.	AHORRO ENERGÉTICO .....	71
2.7.2.	AHORRO EN EMISIONES .....	72
2.7.3.	AHORRO ECONÓMICO .....	72
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DIACRÓNICO DE LA VIVIENDA .....		75
SÍNTESIS.....		77
3.1	SELECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO.....	78
3.1.1	UNIVERSO DE ANÁLISIS.....	78
3.1.2	UNIDADES DE ANÁLISIS .....	81
3.1.3	CASOS DE ESTUDIO .....	82
3.2	EVOLUCIÓN SEGÚN LA ARQUITECTURA .....	86
3.2.1	SUPERFICIE.....	86
3.2.2	ORIENTACIÓN .....	88
3.2.3	UBICACIÓN EN LA PARCELA .....	89
3.2.4	FOT .....	90
3.2.5	AÑO DE AMPLIACIÓN .....	91
3.2.6	TIPOLOGÍA .....	92
3.3	EVOLUCIÓN SEGÚN LA ENVOLVENTE .....	94
3.3.1	ENVOLVENTE .....	94
3.3.2	FACTOR DE FORMA (FF).....	95
3.3.3	FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE) .....	96
3.3.4	FACTOR DE COMPACIDAD (FC) .....	97
3.3.5	FACTOR ÁREA ENVOLVENTE PISO (FAEP) .....	98
3.3.6	FACTOR DE AVENTANAMIENTO (FA) .....	100
3.3.7	TRANSMITANCIA TÉRMICA (K).....	101
3.4	EVOLUCIÓN SEGÚN LA ENERGÍA .....	106
3.4.1	CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL (kWh/año).....	108
3.4.2	CONSUMO ENERGÉTICO/M <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> ) .....	112
3.4.3	CONSUMO ENERGÉTICO/HABITANTE (kWh/hab.).....	114
3.5	EVOLUCIÓN SEGÚN EL USO .....	116
3.5.1	HABITANTES.....	116
3.5.2	SUPERFICIE HABITABLE POR PERSONA.....	118
3.5.3	CAMBIOS DE USO .....	119
3.5.4	ESPACIOS DE DORMITORIO INCORPORADOS .....	120
3.5.5	ESPACIOS DE ESTAR-COMEDOR INCORPORADOS (m <sup>2</sup> Y %) .....	121

3.5.6	NUEVOS USOS .....	123
3.6	LA TRANSFORMACIÓN DE LA VIVIENDA IPV .....	123
CAPÍTULO 4 AGRUPAMIENTO Y ESTRATEGIAS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE.....		127
	SÍNTESIS .....	129
	INTRODUCCIÓN.....	130
4.1	ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	130
4.1.1	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	130
4.1.2	TRANSFORMACIÓN DE VARIABLES.....	131
4.1.3	ANÁLISIS BIVARIADO .....	132
4.1.4	VALORES ATÍPICOS .....	136
4.1.5	NORMALIZACIÓN DE VARIABLES .....	137
4.2	ANÁLISIS MULTIVARIADO. MODELO DE CLÚSTER .....	137
4.2.1	GENERALIDADES DE LOS CLÚSTER.....	139
4.3	ANÁLISIS MULTIVARIADO. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE .....	144
4.4	ESTRATEGIAS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE .....	145
4.4.1	LINEAMIENTOS POR GRUPOS DE VARIABLES .....	145
4.4.2	LINEAMIENTOS POR CLÚSTER .....	146
4.4.3	LINEAMIENTOS POR TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA .....	148
CAPÍTULO 5 POTENCIALIDAD DE AHORRO A PARTIR DE AMPLIACIONES EFICIENTES .....		151
	SÍNTESIS .....	153
	INTRODUCCIÓN.....	154
5.1	APLICACIÓN DE CRITERIOS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE .....	154
5.1.1	CARACTERIZACIÓN POR ASPECTO DE LA VIVIENDA SELECCIONADA .....	155
5.1.2	DATOS DE ENTRADA EN LA SIMULACIÓN DINÁMICA .....	156
5.1.3	DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN EFICIENTE.....	158
5.1.4	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA.....	161
5.2	POTENCIALIDAD DE AHORRO ENERGÉTICO.....	164
5.2.1	PROPUESTA DE APLICACIÓN A FUTURO .....	167
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES.....		169
	SÍNTESIS .....	171
6.1	CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES .....	172
6.2	VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS E INTERROGANTES .....	177
6.3	TRANSFERENCIAS Y APORTES REALIZADOS A LA DISCIPLINA .....	180
6.4	PRÓXIMOS DESARROLLOS Y FUTURAS INVESTIGACIONES .....	182
REFERENCIAS .....		187

ANEXO 1.....	209
ANEXO 2.....	243
ANEXO 3.....	255
ÍNDICE DE FIGURAS.....	263
ÍNDICE DE TABLAS.....	266

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al CONICET por la beca otorgada, la cual posibilitó el desarrollo de la presente Tesis Doctoral. Gracias a la Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de San Juan por la formación de grado y posgrado. Gracias al Departamento de Estudios de Posgrado por sus gestiones y acompañamiento.

Gracias al jurado que evaluó la tesis, por la calidez en sus comentarios y correcciones. A mi directora de tesis, la Dra. Arq. Graciela Viegas, gracias por aceptar el desafío de guiarme aún a la distancia. Gracias por tus consejos, recomendaciones y por todo el tiempo dedicado. Gracias a mi codirectora de tesis, la Dra. Arq. Irene Blasco por mostrarme desde la carrera de grado la temática que me apasiona. Gracias por tu ayuda en mi formación profesional, gracias por escucharme y orientarme a encontrar mi camino.

Gracias a mi asesora temática, la Dra. Arq. Alción Alonso por estar presente en cada paso, y en cada avance. Amiga gracias por dejarme compartir la vida a tu lado y por tu apoyo incondicional. Gracias a Guille Re por estar siempre para ayudar y escuchar. Gracias Irene Martini por guiar esta investigación con tanto cariño y respeto. Gracias Fede Giovanetti por enseñarme todo lo que los datos tienen para decir.

Gracias a todos y a cada uno de los que aportaron y me permitieron obtener los resultados presentes en esta investigación. Gracias a la Unidad de Infraestructura de Datos Espaciales, al Instituto Provincial de la Vivienda, a la Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano, al Instituto de investigaciones económicas y estadísticas, a la Dirección de Geodesia y Catastro, a Energía San Juan y a Ecogas.

Gracias a mis compañeros de doctorado, por su acompañamiento durante todos estos años. Gracias a los chicos de la ofi de Arquitectura Sustentable de IRPHa-CONICET por darme ánimo y aliento en todo este proceso. Gracias a mis amigos de la vida por su contención y amistad.

Gracias a mi familia, Migue gracias por tu amor de cada día, por ser el pilar en este camino, sin vos esto no hubiera sido posible. Gracias Joaquí por llegar a darme felicidad a cada momento y llenar mi vida con tu presencia. Gracias a mis padres por enseñarme que puedo conseguir todo lo que me proponga con esfuerzo y dedicación y por su compañía y contención, aún a la distancia.

## LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AMSJ	Área Metropolitana de San Juan
BD	Base de datos
BEN	Balance Energético Nacional
CC	Cambio Climático
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
DPDU	Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano
DS	Desarrollo Sostenible
EE	Eficiencia Energética
EP	Energy Plus
ER	Energía Renovable
FA	Factor de Aventanamiento
FAEP	Factor Área Envoltente Piso
FAUD	Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
FC	Factor de Compacidad
FE	Factor de Exposición
FF	Factor de Forma
FOT	Factor de Ocupación del Terreno
GEI	Gases de Efecto Invernadero
IPV	Instituto Provincial de la Vivienda
KM	Transmitancia Térmica de Muros
KT	Transmitancia Térmica de Techos
MC	Modelo de Clúster
MLRM	Modelo de Regresión Lineal Múltiple
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
ONU	Organización de Naciones Unidas
PA	Prototipo Ampliado
PBI	Producto Bruto Interno
PO	Prototipo Original
SAE	Simulación Ampliación Eficiente
SAR	Simulación Ampliación Real
SPO	Simulación Prototipo Original
UE	Unión Europea
UNIDE	Unidad de Infraestructura de Datos Espaciales
UNSJ	Universidad Nacional de San Juan
VD	Variable Dependiente
VI	Variable Independiente

## RESUMEN

La vivienda siempre ha sido importante para el ser humano, simboliza refugio, protección y alberga la familia. Además, debe cumplir los principios básicos de habitabilidad, seguridad y salud. Sus necesidades demandan a lo largo del tiempo modificaciones en su configuración arquitectónica, la cual se desarrolla de modo dinámico, en contraposición al usualmente considerado estado estacionario. Sin embargo, son escasos los estudios de la modificación de la vivienda durante sus procesos de crecimiento, desde la perspectiva de la eficiencia energética, siendo ello fundamental en un contexto de crisis energética global. Como consecuencia, las ampliaciones son pensadas, diseñadas y construidas sin tener en cuenta el potencial ahorro energético que se podría obtener en ese proceso. En este contexto, el objetivo de la presente tesis es elaborar una metodología de evaluación energética, que contribuya al conocimiento de la eficiencia energética residencial y permita conocer el potencial de ahorro de energía que se puede alcanzar durante el proceso de ampliación de la vivienda, producto de la incorporación de lineamientos de crecimiento eficientes, a la vez que se evalúan posibilidades de mejora. Para ello, se trabaja con una metodología cuasi experimental que analiza la vivienda social en el Área Metropolitana de San Juan caracterizada en siete barrios construidos por el Instituto Provincial de la Vivienda, de los cuales se seleccionan 24 viviendas como casos de estudio. A las mismas se las analiza en fase pre y post ampliación, durante un promedio de 30 años, mediante 22 variables de análisis agrupadas según cuatro aspectos: arquitectura, envolvente, energía y uso. A partir del análisis estadístico de los casos de estudio, se realiza un agrupamiento en tres clústeres y mediante técnicas de regresión lineal múltiple se determinan las variables más influyentes en cada caso, elaborando lineamientos de crecimiento eficiente en base a la caracterización de cada clúster. Seguidamente, se selecciona una vivienda representativa del clúster cuyo crecimiento es regular y se le aplican al prototipo original las estrategias de crecimiento eficiente definidas, modificando su arquitectura, envolvente y uso, para posteriormente compararla con la ampliación real. Como resultado se obtienen ahorros de 54% los cuales son extrapolados de forma retrospectiva. Por último, estas estrategias de mejoramiento se implementan en los barrios del clúster seleccionado, alcanzando el potencial de ahorro a escala masiva para el Área Metropolitana de San Juan.

**PALABRAS CLAVES:** VIVIENDA SOCIAL, ANÁLISIS DIACRÓNICO, AGRUPAMIENTO POR CLÚSTERES, CRECIMIENTO EFICIENTE.

## ABSTRACT

Housing has always been important to human beings. It symbolizes refuge, protection and houses the family. In addition, it must meet the basic principles of habitability, safety and health. It needs modifications in its architectural configuration over time, which develops dynamically, as opposed to the usually considered stationary state. However, there are few studies on the modification of housing during its growth processes, from the perspective of energy efficiency, which is essential in a context of global energy crisis. Consequently, extensions are thought, designed and built without considering the potential energy savings that could be obtained in this process. In this context, the objective of this thesis is to develop an energy assessment methodology that contributes to the knowledge of residential energy efficiency and allows to know the potential energy savings that can be achieved during the process of expanding the home, because of the incorporation of efficient growth guidelines, while evaluating possibilities for improvement. To this end, a quasi-experimental methodology is used to analyze social housing in the Metropolitan Area of San Juan, characterized by seven neighborhoods built by the Provincial Housing Institute, of which 24 homes are selected as case studies. These are analyzed in the pre- and post-expansion phase, for an average of 30 years, using 21 analysis variables grouped according to four aspects: architecture, envelope, energy and use. Based on the statistical analysis of the case studies, a grouping is made into three clusters and, using multiple linear regression techniques, the most influential variables in each case are determined, developing efficient growth guidelines based on the characterization of each cluster. Next, a representative home of the cluster is selected, whose growth is regular, and the defined efficient growth strategies are applied to the original prototype, modifying its architecture, envelope and use, to later compare it with the real expansion. As a result, savings of 54% are obtained, which are extrapolated retrospectively. Finally, these improvement strategies are implemented in the neighborhoods of the selected cluster, achieving the potential for savings on a massive scale for the San Juan Metropolitan Area.

**KEYWORDS:** IPV housing, diachronic analysis, clustering, efficient growth.

# 01

---

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN



## SÍNTESIS

Los fundamentos de la investigación son presentados en tres etapas, siendo estas: los fundamentos metodológicos, los fundamentos teóricos y el estado de conocimiento sobre el tema y antecedentes.

La primera sección comprende la contextualización del área donde se desenvuelve la tesis, indicando el problema, el aporte al conocimiento en el área disciplinar, los objetivos e hipótesis, los alcances y limitaciones de la investigación, y la metodología utilizada.

Por otro lado, la segunda sección presenta los sustentos teóricos epistemológicos en los que se basa la investigación y que justifican la perspectiva desde la cual se aborda el problema. Estos sustentos son presentados por escala geográfica global, nacional y provincial. Entre las conceptualizaciones planteadas se encuentra el contexto energético-ambiental y la ciudad como escenario de acción, el sector residencial y su influencia en el crecimiento de consumo de energía, la Eficiencia Energética (EE) como herramienta para compensar este crecimiento y el rol de la envolvente arquitectónica para este contexto. Asimismo, se definen las conceptualizaciones relativas al enfoque diacrónico, el cual es considerado como eje central en la investigación.

En este contexto, a nivel internacional, nacional y regional, existen numerosas investigaciones relacionadas con la implementación de medidas de eficiencia energética en el sector residencial las cuales se han clasificado, categorizado y analizado de acuerdo con su alcance geográfico y su desarrollo cronológico. A su vez, se presentan aquellos antecedentes de la literatura científica que representan un aporte a la tesis, ya sean teóricos, metodológicos, conceptuales, operativos e instrumentales, entre otros. Finalmente, de los estudios teóricos indicados se mencionan las conclusiones parciales obtenidas.

## 1.1 FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

La ONU (2022) pronostica que la población mundial superará en 2100 los 12.400.000.000 de habitantes, mientras que Argentina alcanzará los 54.000.000. Si bien los aglomerados urbanos han disminuido ligeramente su ritmo de crecimiento, las ciudades continúan siendo objeto de investigaciones científicas, ya que representan elevados focos de consumos energéticos basados en recursos no renovables y, en consecuencia, altos niveles de contaminación (ONU Hábitat, 2020). No obstante, aunque el crecimiento urbano presenta desafíos, también brinda oportunidades para el desarrollo sostenible y la innovación, ya que las áreas urbanas pueden transformarse en centros de progreso económico y social sin comprometer la integridad ambiental (Hasan Rashed, 2023).

A escala mundial, en 2021, las construcciones representaron el 30% del consumo final de energía y las emisiones de combustibles fósiles en edificios, sus consumos eléctricos y los procesos constructivos fueron responsables de un tercio de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)(IEA, 2022a). Además, utilizan el 30% de la materia prima mundial, el 12% de agua potable y generan más del 40% de residuos sólidos (ONU, 2013).

A escala provincial, San Juan posee 818.234 habitantes (INDEC, 2022), de los cuales, el 73% se encuentra concentrado en los departamentos del Área Metropolitana de San Juan (AMSJ) (Figura 1), que representa el 0,14% del territorio provincial y agrupa la mayor cantidad de edificaciones, equipamiento urbano y actividades económicas (Ministerio de Infraestructura, 2016).



Figura 1. San Juan (izq.), AMSJ (centro) e isótermas de la Isla de Calor (der.). Fuente: elaboración propia según Google Maps, 2023 (centro) y Cúnsulo et al., 2013 (der.)

Por otro lado, el AMSJ se encuentra afectada por la isla de calor urbana, la cual aumenta su intensidad con relación al incremento de los habitantes (Figura 1). Este calentamiento

de la ciudad comparado con las condiciones periurbanas o no urbanas tiene efectos que disminuyen la calidad de vida de la población (Kurbán et al., 2016). A su vez, el AMSJ se encuentra en zona sísmica IV de peligro sísmico muy elevado (INPRES, 2013).

En referencia al clima, la zona de estudio se enmarca junto con La Rioja y Catamarca en la diagonal árida sudamericana, representando la región más seca del país caracterizada por vientos cálidos y secos, producidos por las bajas presiones térmicas a nivel del suelo (Bianchi y Cravero, 2010); Cravero et al., 2017).

De acuerdo con la Norma IRAM 11603 (2011), el AMSJ se localiza en la zona climática IIIa correspondiente a la Zona Templada Cálida, la cual se caracteriza por presentar grandes amplitudes térmicas (mayores a 14°C), veranos relativamente calurosos con temperaturas medias entre los 20°C y 26°C y máximas medias mayores que 30°C. En esta zona los inviernos no son fríos y presentan valores medios de temperatura entre los 8°C y 12°C con valores menores que 0°C en casos puntuales.

Adicionalmente, San Juan se caracteriza por poseer un recurso solar abundante, con niveles de radiación solar global horizontal diarios promedios de 7,33 kWh/m<sup>2</sup>, entre octubre y marzo, y valores promedios de 3,95 kWh/m<sup>2</sup> entre abril y septiembre (Figura 2). En relación con la heliofanía efectiva, según la ubicación y el período del año, registra valores entre 4 y 9 horas diarias (Montenegro, 2019; Bianchi y Cravero, 2010).

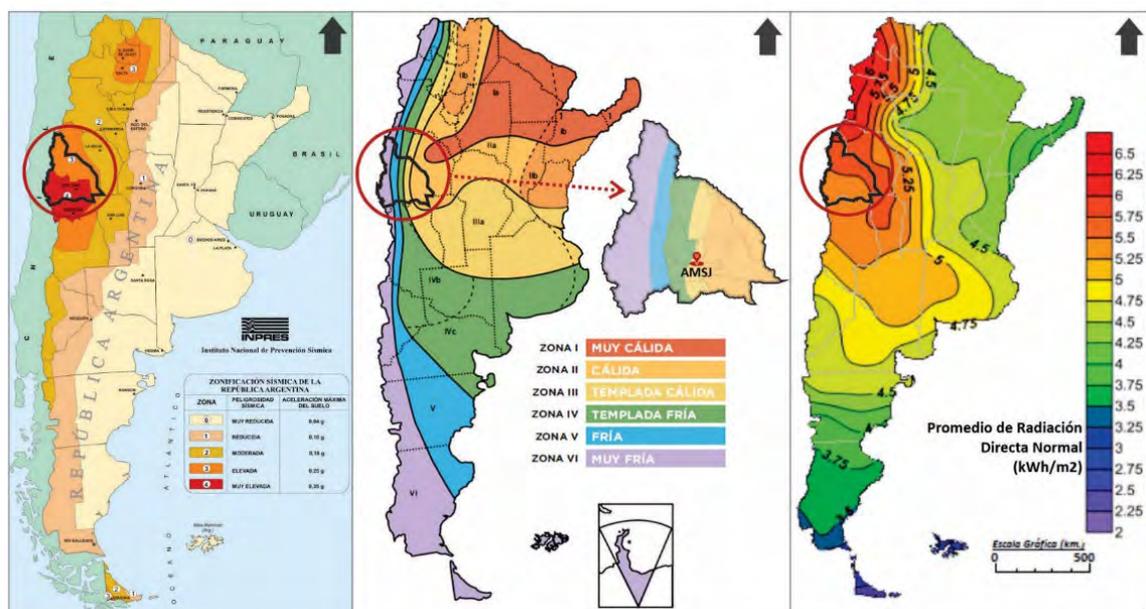


Figura 2. Zonificación sísmica (izq.), zonas bioambientales según Normas IRAM 11603 (centro) y zonificación de radiación directa anual (der.). Fuente: elaboración propia en base a INPRES, 2013 (izq.), IRAM, 2012 (centro) y Haim, 2013 (der.).

### 1.1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

Los alcances y delimitaciones se han realizado mediante los aspectos desarrollados por Sabino (1992);

- Enfoque: diacrónico.
- Objeto de estudio: Viviendas IPV, hace referencia a las viviendas individuales que forman parte de barrios urbanos construidos por el IPV. Se toma esta denominación de la Ley N° 4435 (1978).
- Recorte espacial: AMSJ.
- Recorte temporal: viviendas construidas entre 1990 y 2000, por lo cual llevan de 20 a 30 años de uso. Dicho rango se sustenta en lo definido en la Norma IRAM 11553 (1969), la cual determina que la vida útil de una construcción es entre 30 (durable) y 50 años (permanente). En concordancia, la Secretaría de Vivienda (2019) determina que 30 años es el período de vida útil mínimo de viviendas con carácter permanente. Y BREEAM (2008), considera 50 años como la duración de la fase de uso. Por esto, se adopta 30 años como duración de la vida útil mínima y 50 como duración de la fase de uso promedio.

### 1.1.3 PROBLEMA

Los elementos que componen la envolvente arquitectónica en contacto con el exterior representan un factor concluyente en el consumo de energía. Por esto, en la actualidad, se han desarrollado múltiples recomendaciones y estrategias de mejoramiento de la envolvente, con el propósito de optimizar el comportamiento energético de la vivienda. Si bien, existen diversas investigaciones sobre estudios tipológicos residenciales y variaciones en la transmitancia térmica de la envolvente en relación con el comportamiento energético.

Son escasos los trabajos realizados desde la mirada diacrónica, considerando a la vivienda como proceso. En particular, la falta de estudios que profundicen de forma conjunta en la modificación de la envolvente, la arquitectura, el consumo de energía y el uso durante las fases de crecimiento de una vivienda desde la perspectiva de la EE, conlleva a la falta de especificidad y exigencias que la temática requiere.

Se reafirma que, a nivel local y regional, resulta necesario profundizar en el desarrollo de los estudios que muestren las posibles relaciones entre las modificaciones de la

envolvente arquitectónica en el proceso de crecimiento de viviendas barriales construidas en zona árido-sísmica y su influencia en el comportamiento energético. Por otra parte, si bien se han detectado investigaciones que categorizan las tipologías residenciales y las analizan de forma comparativa durante la fase de uso, se considera que esta línea debe seguir siendo indagada y profundizada para obtener mayor especificidad en el entendimiento de estos procesos.

De acuerdo con entrevistas realizadas en el IPV, Dirección de Planeamiento y Desarrollo Urbano (DPDU) y en la FAUD-UNSJ se pudo observar que la información sobre los procesos de crecimiento de las viviendas era escasa en el AMSJ (A. Grgic; J. Cueli; A. Merlo comunicación personal, agosto de 2020). En este sentido, las modificaciones que se realizan como producto del crecimiento de las viviendas durante la fase de uso se desconocen en su praxis, cantidad y calidad. Así como también no son consideradas como una oportunidad para mejorar la EE, la habitabilidad y las consecuentes patologías edilicias del sector residencial social del AMSJ (Secretaría de Vivienda, 2019).

La mayoría de las ampliaciones son pensadas, diseñadas y construidas sin tener en cuenta su evolución real a partir de los contextos, ni el potencial ahorro energético que se podría obtener en ese proceso. Por lo tanto, realizar un estudio sistemático del crecimiento y ampliación de la vivienda IPV, con bases en variables de arquitectura, envolvente, energía y uso representa un aporte al campo disciplinar de la arquitectura residencial en particular, y al hábitat y diseño, en general. Sumado a esto, debido a la larga vida útil de las estructuras y los sistemas constructivos, las decisiones de diseño, compra, remodelación y ampliación que se tomen hoy determinarán el uso de la energía durante los años futuros.

Según datos oficiales, desde 1.954 a la actualidad, el IPV de la provincia de San Juan ha construido aproximadamente 80.000 viviendas, incluyendo planes de asistencia financiera, régimen Lote Hogar y el Programa Mejoramiento de Barrios, lo que representa el 30% del total de viviendas en la provincia (Instituto de Investigaciones Económicas y Estadísticas, 2023; IPV, 2023). La tendencia prospectiva indica que la construcción de viviendas sociales y la progresiva obsolescencia de las existentes, contribuirán a un significativo aumento en la demanda energética residencial.

En consecuencia, se toma lo mencionado como un punto de partida y se considera necesario contar con un instrumento metodológico adecuado al modo en que se

construye y evoluciona la envolvente y la arquitectura en su crecimiento espontáneo. Esto, para poder evaluar tecnológicamente y energéticamente este proceso y estimar su impacto sobre el universo de viviendas existentes.

### **Problema como pregunta de investigación**

- ¿De qué manera las variaciones producidas en la arquitectura, la envolvente y el uso durante los procesos de crecimiento de viviendas IPV del AMSJ, construidas entre 1990 y 2000, pueden influir sobre la demanda energética?
- ¿Cuál es el potencial de ahorro energético que se puede lograr a partir de un crecimiento energéticamente eficiente de las ampliaciones en el sector residencial?
- ¿Qué formas tecnológico-constructivas se evidencian en las diferentes acciones de crecimiento formal de las viviendas IPV y cuáles serían las recomendadas para dar respuesta a la localización del AMSJ en su particular contexto sísmico?
- ¿Qué aspectos y variables justificarían incorporar la mirada diacrónica en la elaboración de las estrategias para la evaluación energética de viviendas IPV?

#### **1.1.4 APOORTE AL CONOCIMIENTO Y JUSTIFICACIÓN**

En general son limitados los abordajes metodológicos de investigaciones destinadas a la EE que consideran los escenarios de crecimiento y ampliación de las viviendas. Adicionalmente, analizar la variabilidad de la envolvente, la arquitectura, la energía y el uso durante su escenario de crecimiento implica investigarlas a lo largo de un período de tiempo y desde el enfoque diacrónico. Este aspecto ha sido poco explorado, puesto que las metodologías de evaluación energética realizan la valoración desde un enfoque sincrónico. Para mayor claridad, debe entenderse que el concepto sincrónico es “un fenómeno o hecho en el estado en que está en un momento determinado, sin tener en cuenta su historia o su evolución en el tiempo” y mientras que diacrónico es aquello “que se ocupa de un hecho, fenómeno o circunstancia desde el punto de vista de su evolución en el tiempo” (Diccionario de Oxford, 2023).

La investigación representa una contribución al trabajar sobre una perspectiva que no es usualmente abordada en la actualidad, la cual hace referencia a considerar el proceso de crecimiento de una vivienda como una oportunidad para alcanzar EE. Es decir, aprovechar un proceso real (ampliar) para obtener del mismo, una componente en el ahorro

energético residencial. En esta línea, se propone el desarrollo de una metodología de evaluación de EE de las viviendas, con base en el análisis de la envolvente, la arquitectura, la energía y el uso.

Si bien, existen metodologías de evaluación de la EE basadas en los aspectos mencionados, se pretende que la metodología propuesta permita obtener una valoración y evaluación de un proceso de cambio, que representa en sí a la vivienda. En este sentido, el foco de la investigación, más allá de valorar una situación residencial inicial y una situación ampliada se focaliza en la variabilidad de lo construido dentro del escenario de cambio.

Se entiende que este vacío de conocimiento es producto de conceptualizar la vivienda de una manera disímil, partiendo de que si la vivienda es un proceso en constante cambio (Sepulveda Mellado, 1986) no es posible evaluarla sincrónicamente. En este contexto, conocer las variaciones en la envolvente, la arquitectura, la energía y el uso, permite elegir y aplicar el tipo de ampliación con mayor potencial de ahorro y mejora de la habitabilidad.

La investigación toma como referencia a Agyefi-Mensah (2013a), quien entiende que cualquier modificación en la vivienda debe ser abordada considerando el efecto del tiempo. Asimismo, contribuye con un aporte a la reducción de la demanda energética en viviendas desde el concepto diacrónico en sintonía con el enfoque de desarrollo de conciencia energética del habitante, sensibilización sobre el uso eficiente de la energía e incentivo de prácticas responsables durante la fase de uso en una construcción (Alonso Frank, 2020).

Por otra parte, solucionar este problema a escala masiva, beneficiaría a la infraestructura de suministro de energía (sistema eléctrico y gas natural) ayudando a mejorar su funcionamiento, reducir sobrecargas de las líneas de distribución y evitar picos de demanda que no siempre pueden ser abastecidos. Lo anterior se traduce en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, logrando una mejora en el ambiente natural.

### 1.1.5 OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### OBJETIVO GENERAL

Elaborar una metodología de evaluación energética diacrónica, considerando el crecimiento de la vivienda IPV, que contribuya al conocimiento de la eficiencia energética

residencial y permita el desarrollo de lineamientos arquitectónicos eficientes y la estimación de potenciales ahorros energéticos en los procesos de ampliación residencial.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Sistematizar la evolución, durante la fase de uso, de viviendas IPV representativas del AMSJ, en cuanto a variables de diseño arquitectónico, tecnológico-constructivas de la envolvente, energéticas y de uso.
2. Desarrollar una metodología de evaluación energética diacrónica destinada al estudio del crecimiento de las viviendas IPV a partir de las variables identificadas previamente.
3. Elaborar lineamientos para el mejoramiento de la eficiencia energética a partir de definir agrupamientos característicos de viviendas, considerando los aspectos energéticos, arquitectónicos, de envolvente y uso en los procesos de ampliación residencial.
4. Aplicar los lineamientos a un prototipo de vivienda IPV representativo del clúster menos eficiente, a modo de validación.
5. Cuantificar el potencial de ahorro energético, de emisiones y económico al aplicar los lineamientos de crecimiento eficiente elaborados previamente, a nivel de vivienda, barrio y de clúster.

### **Hipótesis**

- Ante la ausencia de estrategias de crecimiento energéticamente eficientes de las viviendas IPV durante la fase de uso, contar con un instrumento metodológico que permita evaluar el rendimiento energético, sistematizando el análisis de las modificaciones en la arquitectura, la envolvente, la energía y el uso, representaría un aporte a la gestión pública del hábitat construido y a los habitantes residenciales y permitiría dimensionar el potencial de ahorro a futuro.
- Como resultado de los procesos de crecimiento formal de viviendas IPV en el AMSJ, se evidencian diferentes modificaciones en sus envolventes que repercuten en el comportamiento energético de la vivienda. Entre ellas puede nombrarse, el crecimiento del prototipo hacia otros colindantes, la relación entre superficie vidriada y superficie opaca, el equilibrio entre el aumento de superficie cubierta y envolvente expuesta al exterior. Considerar estas modificaciones de manera

sistemática permitiría mejorar la situación energética futura de las viviendas para reducir su demanda de energía contribuyendo con el habitante en la toma de decisiones a la hora de modificar su vivienda.

- Incorporar el enfoque diacrónico al abordaje metodológico, permite demostrar con mayor exactitud la variabilidad a la que está expuesta una vivienda IPV durante la fase de uso y dimensionar su impacto energético.
- Sistematizar los procesos dinámicos de ampliaciones del conjunto de viviendas sociales construidas por el Estado desde la perspectiva de la demanda de energía, permitiría dimensionar el problema, a lo largo del tiempo, para fortalecer las políticas de vivienda a largo plazo y optimizar el uso de los recursos del país.

### 1.1.6 TIPO DE TESIS

La tesis identifica como tema a la EE residencial. El principal aporte de esta es metodológico-técnico y pretende contribuir al campo disciplinar del Hábitat y Diseño y dentro de este, a la Arquitectura. En base a Hernández Sampieri et al. (2014), esta tesis es explicativa, por el nivel de profundización del objeto de estudio. Según el tipo de inferencia, es hipotética-deductiva, ya que se basa en la creación de una hipótesis, que será comprobada mediante experimentación y que llevará a la creación de contenido teórico. De acuerdo con el grado de manipulación de las variables, esta tesis es cuasiexperimental.

Se adopta para la misma el proceso lineal, donde la investigación comienza con un problema, se desarrolla con la recopilación y análisis de datos, hasta llegar a la verificación, o no, de la hipótesis. Es un proceso con un inicio y un final definidos, a diferencia del modelo circular y el modelo en espiral (Blaxter et al., 2006).

### 1.1.7 METODOLOGÍA

#### **Obtención, Recolección, Construcción y Análisis de Datos**

Para la obtención de datos se buscan fuentes accesibles y viables. En el OEN°1, se utilizan fuentes secundarias, entre ellas; imágenes satelitales de libre acceso obtenidas de Google Maps y Google Earth. Los planos arquitectónicos se consiguen mediante un pedido formal escrito a la DPDU y al IPV. Los datos de consumos energéticos históricos son provistos por Energía San Juan y Distribuidora de Gas Cuyana S.A. (Ecogas) mediante solicitud formal. Los datos de barrios, viviendas y su información relacionada en formato QGIS se

adquieren formalmente mediante la Unidad de Infraestructura de Datos Espaciales (UNIDE). Además, los datos estadísticos de la cantidad de viviendas se obtienen del Instituto de investigaciones económicas y estadísticas del Gobierno de San Juan.

Como técnica de recolección de datos, se utiliza la revisión de fuentes de observación secundaria (Cea D' Ancona, 1996). Los datos se recogen en formato digital por su practicidad y fácil lectura en computadora. Para el OEN°2, los datos se obtienen de fuentes secundarias, es decir de bibliografía local, nacional e internacional. Conjuntamente, mediante la realización de encuestas semiestructuradas se recolectan datos puntuales de habitantes, ampliaciones, entre otros. En la segunda parte del OEN°2 se utiliza una fuente primaria, ya que es elaboración propia, al igual que en el OEN°3, OEN°4 y OEN°5.

Respecto a la construcción de datos, para el OEN°1 y OEN°3 la técnica seleccionada es el análisis documental y se analizan documentos visuales y escritos (Gilbert, 2008). Seguidamente, se organizan los datos en planillas descriptivas, utilizando Excel. Para el OEN°4 se utiliza el análisis técnico descriptivo, mediante software de simulación dinámica. Para el análisis de datos en el OEN°1, luego de sintetizar la información de fuentes secundarias, se continúa analizándola. Para ello se eligen diversos métodos estadísticos; estadística descriptiva (mediante análisis univariado), estadística explicativa (mediante análisis multivariado de regresión lineal múltiple) y estadística exploratoria (mediante análisis multivariado de clústeres). Para esto, se elabora una matriz de datos, donde se estudian las variables de análisis. Como herramienta se utilizan los softwares Excel y R Studio. En el OEN°2 se lleva a cabo un análisis documental y un fichaje técnico-descriptivo. En el OEN°3, OEN°4 y OEN°5 se utiliza el software Excel para el análisis, el cual permite automatizar el procedimiento de comparar los datos.

### **Variables de análisis**

La tesis trabaja con cuatro aspectos de análisis; arquitectura, envolvente, energía y uso. Cada variable seleccionada representa características esenciales de esos aspectos y permite cuantificar a lo largo del tiempo. Asimismo, existe disponibilidad de datos que pueden obtenerse de forma sencilla, considerando que esta es una investigación con un tiempo y presupuesto limitado. Además, cada una puede relacionarse con el resto, incluso, en algunos casos existen relaciones de dependencia entre ellas, lo cual beneficia los análisis propuestos. A su vez, en su mayoría son de carácter dinámico, por lo que los

resultados de estas cambian durante la fase de uso de una vivienda. Al ser una investigación diacrónica, se espera que esta variabilidad analizada por un determinado período de tiempo enriquezca el trabajo.

En términos metodológicos, para la selección de variables se consideran los criterios propuestos por Cerdá (2014); pertinencia (identificar y caracterizar la situación a describir), comunicabilidad (ser entendibles por la mayoría), fiabilidad (producir medidas estables y replicables), comparabilidad (deben poder medirse en objetos distintos o en el mismo objeto en distintos momentos) y validez.

### **Contrastación de la hipótesis y Validación**

Las hipótesis serán comprobadas mediante la aplicación de la metodología elaborada en un caso de estudio representativo de la muestra. De esta manera se demostrará la viabilidad de su implementación. Los resultados obtenidos permitirán dimensionar el potencial de ahorro en los crecimientos de la vivienda IPV. Además, se demostrarán las condiciones que toda investigación debe cumplir; su validez, pertinencia, coherencia, verosimilitud e importancia (Godet y Durance, 2007). Se considera esencial que la metodología elaborada no sólo sea precisa, sino también que pueda aplicarse a una amplia gama de viviendas, al mismo tiempo debe ser reproducible, transparente y verificable (Dijk y Hogeling, 2019).

### **Estructura del trabajo**

La presente tesis se desarrolla en seis capítulos, de los cuales el primero comprende los fundamentos metodológicos y teóricos de la investigación y el estado de conocimiento sobre el tema y antecedentes. En el segundo capítulo se desarrolla la metodología propuesta a partir del estudio de variables relacionadas a los aspectos de la envolvente, la arquitectura, la energía y el uso. En los capítulos siguientes se despliega dicha metodología, aplicada a los casos de estudio, a modo de validación. Puntualmente, en el tercer capítulo se presenta la evolución de la vivienda en base a las variables de análisis. En el cuarto capítulo se muestra el análisis estadístico que permite el agrupamiento de las viviendas en clústeres y el desarrollo de estrategias de ampliación eficiente. El quinto capítulo desarrolla la aplicación de las estrategias de ampliación eficiente sobre una vivienda y la estimación del potencial de ahorro sobre una proporción de la vivienda social en el AMSJ. Por último, en el capítulo seis se abordan las conclusiones, que incluyen los niveles de desarrollo de la tesis y los aportes generados en cada objetivo específico. De

esta forma, en este último capítulo se plantean las transferencias, los aportes realizados y los posibles trabajos a futuro.

## 1.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.2.1 CONTEXTO ENERGÉTICO-AMBIENTAL

Desde el siglo pasado, la demanda de recursos ha aumentado a un ritmo insostenible, superando 4 de los 9 límites planetarios, incrementando la posibilidad de modificar irreversiblemente el funcionamiento de los principales sistemas terrestres, incluido el clima (Naciones Unidas, 2018a). El uso irracional y desmedido de las fuentes energéticas han afectado negativamente al ambiente y la sociedad actual se encuentra en el deber de aumentar la producción de energía con mínimas alteraciones al ambiente y realizar un uso racional y eficiente de la misma (Pasquevich, 2012).

Las actividades humanas, el uso de energía no sostenible, los estilos de vida y patrones de consumo y producción han aumentado las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), causando el calentamiento global y el incremento de temperaturas superficiales globales desde 1850 a la actualidad. Todo esto, ha producido cambios generalizados en la atmósfera, el océano, la criósfera y la biosfera. Incluso, los impactos en algunos ecosistemas se acercan a la irreversibilidad, como los cambios hidrológicos resultantes del retroceso de los glaciares o los ecosistemas montañosos y árticos provocados por el deshielo (IPCC, 2023).

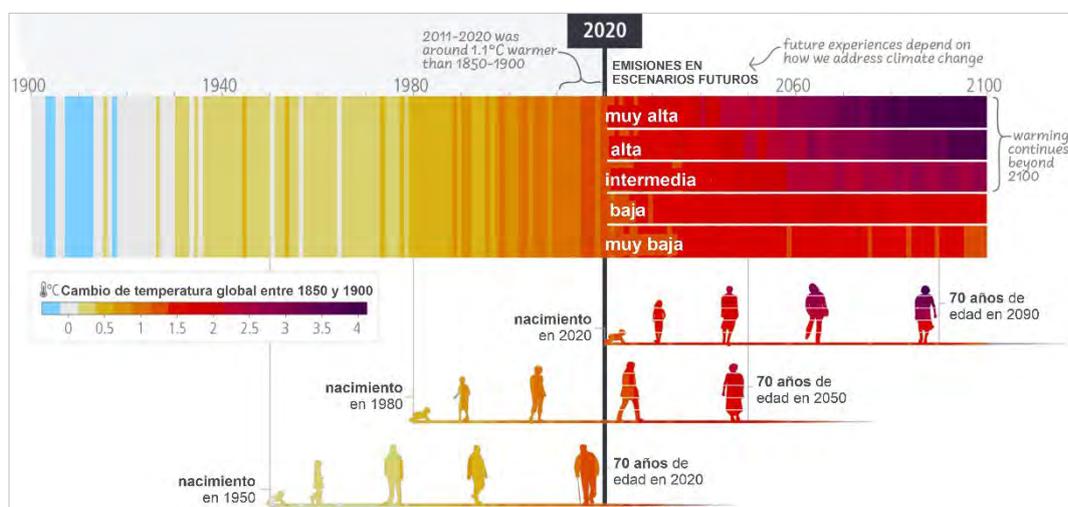


Figura 3. Cambios en la temperatura de la superficie global. Fuente: IPCC (2023).

En la Figura 3 se observan los cambios en la temperatura de la superficie global desde el año 1900 al 2100, representados con franjas climáticas. Las mismas muestran las

tendencias a largo plazo causadas por el hombre y los colores de los íconos generacionales corresponden a franjas de temperatura de la superficie global para cada año. Con respecto al consumo mundial de energía, si bien en 2022, el crecimiento de este se ralentizó, aún se encuentra sobre la tasa media de crecimiento del período 2010-2019. En particular, el crecimiento económico estimuló el consumo de energía en América Latina un 2,7%. Por el contrario, el mismo se redujo en Europa y se mantuvo en Asia con leves descensos (ENERDATA, 2023b) (Figura 4).

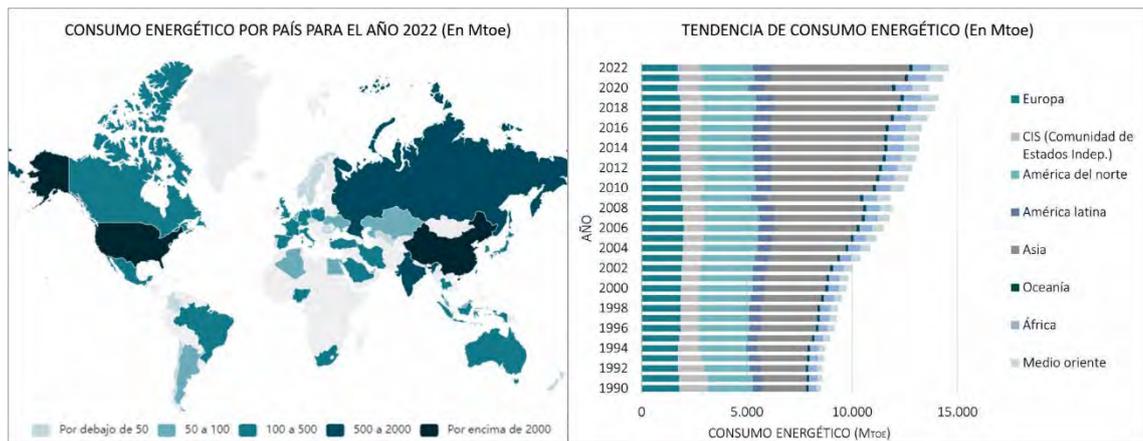


Figura 4. Consumos energéticos por país (izq.) y tendencia de consumos 1.900-2022 a nivel mundial (der.). Fuente: elaboración propia en base a ENERDATA (2023b).

A nivel global, los esfuerzos para mitigar el cambio climático (CC) se han centrado en elevar los niveles de EE y acelerar la transición hacia las energías renovables (ER) (United Nations, 2020). En este contexto, para cumplir con el Objetivo 7 de Desarrollo Sostenible (ODS), el cual hace referencia a garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos, se prevé que la intensidad energética global debería mejorar un 3,2% anual en las próximas décadas (Özkan et al., 2023).

Dentro de este marco, los sistemas urbanos son fundamentales para reducir las emisiones y promover un desarrollo resiliente al clima. Los elementos fundamentales de adaptación y mitigación en las urbes incluyen: considerar los impactos y riesgos del CC en el diseño, planificación y construcción de asentamientos e infraestructura, planificación del uso del suelo, ubicación de viviendas, respaldar el transporte público y la movilidad sostenible, el diseño, construcción y uso eficiente de los edificios, modificar el consumo de energía y materiales, entre otros. Todo lo mencionado, puede reducir el uso de energía y el riesgo de eventos extremos (como inundaciones, olas de calor, precipitaciones y sequías) en tanto se generan beneficios para la salud (IPCC, 2023).

Respecto a las emisiones de GEI, en 2022 hubo un aumento de estas sobre los niveles de 2019, alcanzando más de 33,8 Gt CO<sub>2</sub>, a pesar de la desaceleración económica mundial (Figura 5). Las emisiones aumentaron en China, Estados Unidos, India, Indonesia, Arabia Saudita y México, mientras que disminuyeron en Europa, Brasil y Corea del Sur. En Japón y Rusia se mantuvieron estables (ENERDATA, 2023a).

En esta línea, las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera superaron el umbral de 416 partes por millón a fines de 2021, las cuales conducirán a un aumento del calentamiento global. Por el contrario, si este escenario se revierte, la reducción sostenida de emisiones llevaría a una desaceleración del calentamiento global y a cambios perceptibles en la composición atmosférica en las próximas dos décadas (IPCC, 2023).

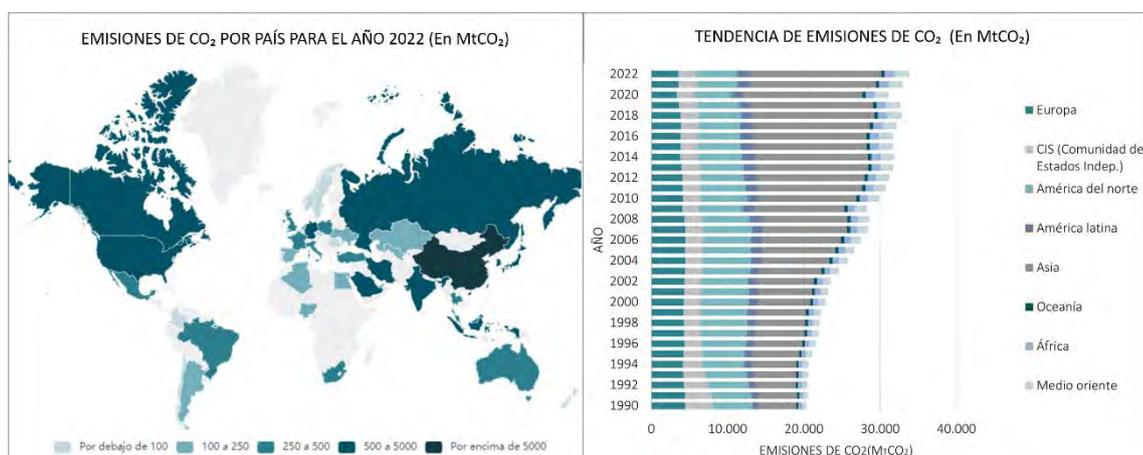


Figura 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> (izq.) y su tendencia y tendencia de emisiones 1900-2022 a nivel mundial (der.).  
Fuente: elaboración propia en base a ENERDATA (2023a).

En Argentina, los consumos eléctricos han sufrido incrementos paulatinos desde finales de siglo pasado (Figura 6), acompañando el crecimiento de la población y superando a la variación del PBI (producto bruto interno) y al crecimiento del consumo de gas. El consumo per cápita se duplicó en los últimos 25 años y la demanda residencial aumentó aún más, con un 5% anual (KPMG y CAER, 2021).

Respecto a las emisiones de GEI per cápita (8,4 t CO<sub>2e</sub>), las mismas son 15% más altas que el promedio de los estados del G20 (7,3 t CO<sub>2e</sub>), por lo cual el país necesita reducir sus emisiones un 40% para 2030. Mientras que el escenario proyectado muestra que la

<sup>1</sup> El G20 es el principal foro intergubernamental de coordinación económica y financiera internacional. Sus miembros representan casi el 90% del producto bruto global, dos tercios de la población mundial y el 80% del comercio internacional.

economía nacional alcanzaría 592 Mt CO<sub>2</sub>e en el año 2030 si no se implementan acciones de transformación energética (KPMG y CAER, 2021).

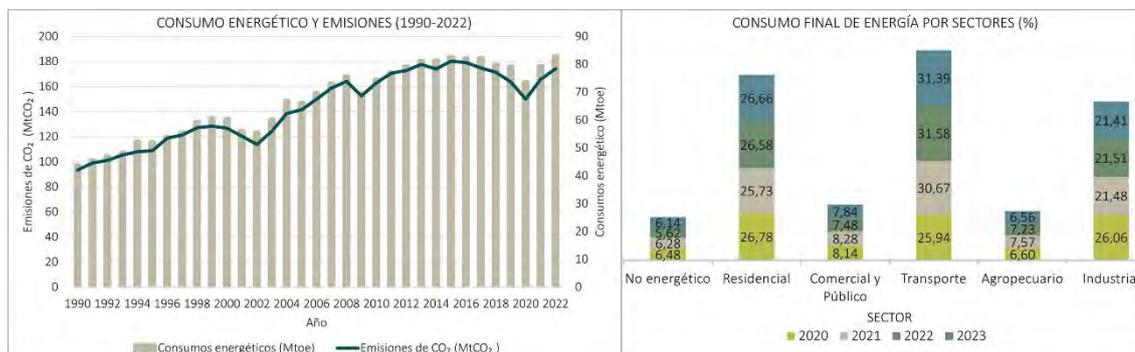


Figura 6. Consumos energéticos y emisiones de CO<sub>2</sub> (izq.) y Consumo final de energía por sectores (der.) en Argentina. Fuente: elaboración propia en base a ENERDATA (2023a), (2023b) y Ministerio de Economía (2023).

El Balance Energético Nacional (BEN) de los últimos años indica que el residencial es el segundo sector con mayores consumos energéticos luego del transporte, siendo que en 2023 representó el 26,7% del consumo nacional de energía total (energía primaria más energía secundaria)(Ministerio de Economía, 2023) (Figura 6). A futuro se espera un crecimiento anual acumulado del consumo eléctrico residencial del 2,6%, llegando a 182 TWh (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, 2019).

No obstante, el país ha trabajado en disminuir las emisiones de GEI provenientes del sector energético, principalmente con políticas de EE, incorporación de ER, reducción de subsidios a combustibles fósiles y eliminación de combustibles líquidos para la generación eléctrica (Secretaría de Energía, 2019).

La provincia de San Juan no es ajena a este contexto. En la última década la máxima demanda de electricidad se incrementó un 46%, con aumentos interanuales que superaron la media nacional. Esto, debido al continuo desarrollo de los sectores residenciales, comerciales e industriales en la provincia. En cuanto a la evolución de la Energía Operada<sup>2</sup>, desde 2010, los incrementos ascienden al 44,7%. En particular, la temporada estival 2022 – 2023 con récords de temperatura y severas olas de calor, implicó demandas eléctricas máximas históricas (EPRE, 2022). Por esto, el proceso de

<sup>2</sup> Es la energía total demandada por todos los usuarios de la Provincia incluidos los consumos de los Grandes Usuarios Mayores MEM y las Pérdidas Técnicas (Pérdidas en Redes de Distribución) y No Técnicas (Pérdidas por Hurto de Energía o Fraude).

electrificación debe ir acompañado de medidas de EE, para lograr un mejor aprovechamiento de la energía.

### 1.2.2 SECTOR RESIDENCIAL Y SU INFLUENCIA EN EL CONTEXTO ENERGÉTICO

En la actualidad, el sector construido a nivel mundial cubre un área residencial mayor a 150.000 millones de m<sup>2</sup> y se prevé, a 2050, un incremento de más de 270.000 millones de m<sup>2</sup>, junto con significativas contribuciones de emisiones GEI (IRENA, 2023). Sin embargo, el uso de energía por m<sup>2</sup> se ha reducido un 6%, lo que representa que los avances en EE sólo han compensado parcialmente el crecimiento de la superficie construida (Martinez-Gordon y Vautrin, 2023).

El sector de la edificación, que durante la fase de uso incluye la energía utilizada para construir, calentar, refrigerar e iluminar hogares, así como los electrodomésticos y equipos instalados en ellos, representa más del 30% del consumo mundial de energía. Este porcentaje aumenta al 34%, al incluir el uso final asociado a la producción de materiales para la construcción (IEA, 2023a).

En esta línea, el reporte de la UNEP (2023b) menciona que, debido a su alta concentración de personas, infraestructuras, vivienda y actividades económicas, las ciudades son particularmente vulnerables a los impactos del CC y los desastres naturales. Las mismas representan más del 80% del PBI mundial y ocupan sólo el 3% de la superficie terrestre, sin embargo, consumen entre el 60% y el 80% de energía, utilizan más del 70% de recursos y generan el 75% de las emisiones GEI a escala global.

En tal sentido, durante la última década, la demanda de energía en los edificios ha experimentado un crecimiento anual promedio de más del 1%. En particular, la electricidad representó alrededor del 35% del uso de energía de los edificios en 2022, frente al 30 % en 2010. A pesar del cambio progresivo de los combustibles fósiles a otras fuentes de energía, su uso en los edificios ha aumentado a un promedio anual del 0,5% desde 2010 (IEA, 2023a).

A nivel mundial, se utilizan aproximadamente 3.600 millones de equipos de refrigeración, y se prevé que aumenten a 9.500 millones para 2050, debido al crecimiento de la población, una mayor asequibilidad y las temperaturas ambientales en aumento. En

consecuencia, un mejor diseño de las viviendas y los esfuerzos por reducir la refrigeración pasiva pueden contribuir a resolver parte de este desafío (United Nations, 2021).

Al mismo tiempo, las urbes representan el 65 % de las metas y el 86 % de los indicadores de los ODS. Por tal, hacer que las ciudades sean más sostenibles, seguras, resilientes e inclusivas contribuye a cumplir con diversos ODS, a la vez que representan grandes oportunidades de inversión sostenible. En este contexto contra el calentamiento global y la protección del medio ambiente mediante la gestión energética, se ha puesto de relieve la importancia del sector residencial como escenario de actuación (Belaïd y Massié, 2023).

Respecto a las emisiones de GEI, las operaciones de los edificios representan el 26% de las mismas (el 8% son emisiones directas y el 18% emisiones indirectas de la producción de electricidad y calor utilizados en los edificios) (IEA, 2023a). En contraste con la tendencia de 2015 a 2021, donde las emisiones crecieron en promedio un 1% anual, durante 2022, las emisiones directas de las operaciones de los edificios disminuyeron ligeramente. Al mismo tiempo, las emisiones indirectas crecieron un 1,4% lo que indica una mayor dependencia de la electricidad.

En Figura 7 se observan las emisiones para el sector residencial en el año 2019. Cabe aclarar que la industria de la construcción de edificios es aquella dedicada a la fabricación de materiales de construcción, como el acero, el cemento y el vidrio. Además, las emisiones indirectas son producidas por la generación de energía para electricidad y calefacción comercial.

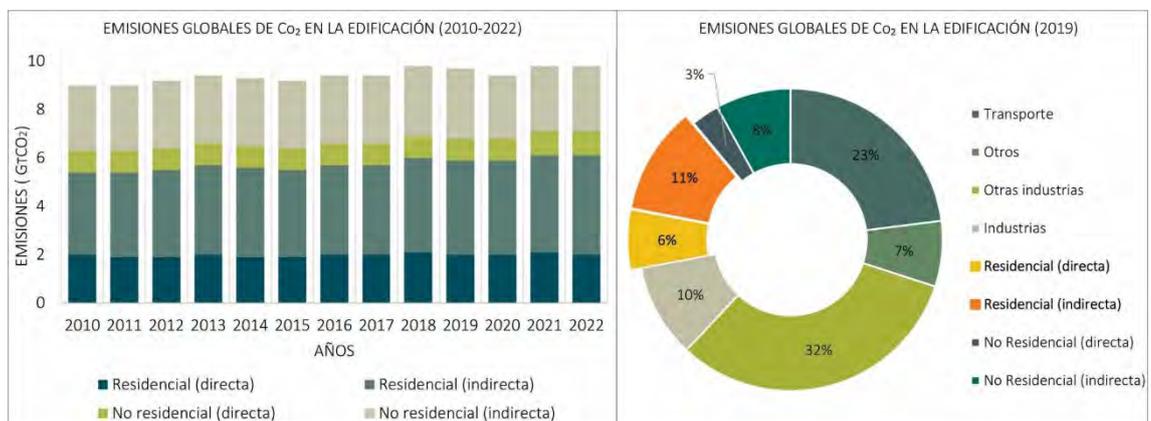


Figura 7. Emisiones globales de CO<sub>2</sub> en la edificación (izq.) y emisiones para el año 2019 (der.). Fuente: elaboración propia en base a IEA (2023) y UNEP (2020a).

En lo específico, el aumento de las emisiones se debe al uso continuado de carbón, petróleo y gas natural para calefacción y cocina, combinado con mayores niveles de actividad en regiones donde la electricidad sigue siendo intensiva en carbono, lo que da como resultado un nivel constante de emisiones directas pero un aumento de las emisiones indirectas. El consumo de electricidad en las operaciones de construcción representa casi el 55% del consumo mundial de electricidad (UNEP, 2020a). Para lograr edificios con cero emisiones netas de carbono para 2050, se estima que las emisiones directas de CO<sub>2</sub> deberían disminuir en un 50% y las emisiones indirectas un 60% para 2030. Esto implica una baja de las emisiones de un 6% por año entre 2020 y 2030 (UNEP, 2020a). Según la UNEP (2022), para que esto ocurra, se debe reducir:

- El exceso de superficie construida. El uso de energía y las emisiones del calentamiento y enfriamiento de espacios y el agua están directamente relacionados con la cantidad de superficie construida. Por tal, cuanto mayor sea la extensión de la nueva superficie, más materiales se requerirán y mayores serán las emisiones incorporadas.
- La intensidad energética. La energía que se utiliza para calefacción, refrigeración y electrodomésticos por m<sup>2</sup>, debería disminuir globalmente entre un 20% y 30% en edificios residenciales, en relación con los niveles de 2015 para 2030, ya que en los últimos años la reducción se ha ralentizado con solo un 2% adicional entre 2015 y 2019.
- La intensidad de las emisiones del uso de energía. La cantidad de CO<sub>2</sub> emitida por superficie se relaciona con la intensidad energética y el factor de descarbonización, por lo que se necesita un cambio de los combustibles fósiles a la ER, esto permitiría la reducción de las emisiones entre un 45% y 65% para los edificios residenciales en 2030.
- Las emisiones incorporadas de la construcción. La producción de materiales es un proceso intensivo en energía y emisiones, por ello se deben reducir las emisiones de estos usándolos de manera más eficiente, adoptando la reconstrucción en lugar de la demolición, minimizando el volumen de materiales requeridos, entre otros.

Lo mencionado indica que el sector residencial representa elevados yacimientos de ahorro posibles de capitalizar, en la mejora de la envolvente de viviendas existentes, en las nuevas construcciones y en la incorporación de fuentes de ER (Chávez, 2017). La

provincia de San Juan no es la excepción; el sector residencial es el responsable de elevados consumos energéticos y gran parte de las viviendas IPV, han sufrido en su proceso de ampliación, reducciones en su calidad constructiva, logrando satisfacer mínimamente las condiciones de habitabilidad (Michaux et al.,2022)

Existe un potencial de mejoramiento referido a la vinculación de factores climáticos con el diseño arquitectónico, lo que admitiría una reducción del consumo energético en las viviendas. Investigaciones realizadas en la provincia muestran que gran porcentaje del consumo energético en viviendas son motivo de búsqueda de confort higrotérmico en verano e invierno, debido principalmente a la mala calidad de la envolvente (Blasco Lucas et al., 2004; Blasco Lucas, 2006).

### 1.2.3 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA RESIDENCIAL COMO SOLUCIÓN

La energía trasciende todos los sectores, contribuye al desarrollo de la economía mundial y es el sustento de la sociedad moderna (World Energy Council, 2022), no obstante, su incremento en el planeta ha generado dificultades en el abastecimiento de los recursos energéticos, que sumado a la creciente preocupación por el CC y la sostenibilidad medioambiental han impulsado el aumento de iniciativas de incorporación de EE en los edificios (Tushar et al., 2020).

Mundialmente se combaten los progresivos consumos eléctricos y de combustibles fósiles, trabajando en mejorar la EE de las construcciones, la cual representa el medio más económico para satisfacer la nueva demanda de servicios energéticos y lograr cero emisiones netas para 2050 (Özkan et al., 2023). En consecuencia, mejorar la EE en las edificaciones es, factiblemente, la forma más viable en el corto y mediano plazo de reducir los costos energéticos y aportar al crecimiento económico en los países (Wu et al., 2019).

Aunque se ha comprobado su potencial para compensar la creciente demanda energética global y se ha progresado de manera significativa en la elaboración de medidas para abordarla (Özkan et al., 2023) sigue estando infrautilizada (Castro Alvarez et al., 2018). La importancia de la EE radica en que utiliza menos energía para obtener el mismo resultado o producir más con igual insumo de energía, y minimizar el desperdicio de esta (European Environment Agency, 2023).

Ahorrar esta energía tiene ventajas para el medioambiente y la salud humana, ya que disminuye el grado de contaminación del entorno biótico y abiótico. A su vez, es considerada la manera más sencilla para reducir las emisiones GEI en la atmósfera

provenientes, principalmente, del ámbito construido (United Nations, 2020). En concordancia, la EE proporciona beneficios para el desarrollo económico, la creación de empleo, la mejora de la salud humana, entre otros (UNEP, 2023a).

Por lo expuesto, los edificios representan una pieza fundamental en un futuro con desarrollo sostenible y bajas emisiones (IPCC, 2023), medidas de EE, ER y evaluaciones energéticas, las cuales son claves en el rendimiento energético del sector construido y para la desvinculación del consumo de energía del crecimiento de la superficie habitable (IEA, 2023a). En este marco, el uso de incentivos financieros y fiscales y la adopción de códigos para el desempeño energético de los edificios se consideran esenciales para mejorar la EE (Özkan et al., 2023).

#### 1.2.4 LA ENVOLVENTE Y LA ARQUITECTURA EN EL AHORRO DE ENERGÍA

La envolvente de un edificio representa la barrera física entre el exterior y el espacio interno. Es el sistema constructivo que crea espacios confortables respondiendo activamente al entorno externo del espacio habitable (Borge Díez y Rosales-Asensio, 2020). La misma, es trascendental en el consumo energético de los espacios construidos, ya que representa el mecanismo de un edificio para asegurar la habitabilidad y confort en su interior y se considera sustancial en el camino hacia ciudades más sostenibles (Mercader Moyano y Claro-Ponce, 2017).

Sumado a eso, desempeña un papel clave en el clima, la solidez estructural y la EE de un edificio. Al mismo tiempo, es fundamental para definir la demanda del servicio de calefacción y refrigeración, para garantizar la calidad ambiental interior, afectando factores como la iluminación y la ventilación. Incluso, es importante para determinar el impacto de carbono incorporado de la construcción (BigRentz, 2021). No obstante, varios estudios han reconocido la falta de conocimiento, experiencia y ejemplos de mejores prácticas como barreras en la modernización térmica de edificios existentes (Far y Far, 2018).

Según Andersen et al. (2019) los consumos energéticos de los espacios dependen de una serie de factores, entre ellos; la envolvente y su eficiencia térmica, las condiciones climáticas, el tipo y tamaño de edificio, su nivel de exposición, el emplazamiento respecto a los edificios vecinos y la eficiencia de los sistemas de climatización. En la misma línea, la Agencia Internacional de Energía define seis factores influyentes en el consumo de

energía de las construcciones: clima, envolvente, sistemas de energía, calidad ambiental interior, mantenimiento y comportamiento del habitante (Yoshino et al., 2017).

Inclusive, es factible incorporar mejoras en la envolvente que reduzcan un 50% el consumo de energía en el acondicionamiento térmico de las viviendas, resultando una medida viable económicamente y deseable medioambientalmente (Czajkowski et al., 2017). Sin embargo, solamente el 5% de los edificios residenciales se encuentran con niveles óptimos de aislación, por lo que el sector residencial se considera un área con gran potencial de ahorro energético (Erdoğan et al., 2019).

Knaack et al. (2011), desarrolla un enfoque prestacional de la envolvente, determinado por; 1- usabilidad (estética, diseño, funciones de usuario), 2- confort (aire, ruido, radiación, temperatura, humedad), 3- seguridad (estrés físico, fuego, contaminación, destrucción), 4- sostenibilidad (durabilidad, energía) y 5- material (producción, propiedades del material y montaje). Estas cinco áreas, muestran la complejidad de la envolvente y la cantidad de aspectos que engloba.

Según UNEP (2020b), las oportunidades para la eficiencia en la envolvente pueden darse en cualquiera de las cinco etapas de la edificación; 1- diseño (elección de materiales y peso ligero), 2- construcción (carpintería, prefabricación y modularidad), 3- uso (uso intensivo y economía colaborativa), 4- extensión de la vida del producto (renovación, reacondicionamiento y reutilización) y 5- fin de vida (deconstrucción y aumento del reciclaje). En particular, la selección de la estructura y los materiales de la envolvente son importantes dada la larga vida útil de los edificios y los costos de construcción (Martinez-Gordon y Vautrin, 2023).

## 1.3 ESTADO DE CONOCIMIENTO SOBRE EL TEMA Y ANTECEDENTES

### 1.3.1 LA VIVIENDA SOCIAL

Desde mediados de siglo pasado, la política habitacional argentina ha estado definida por tensiones entre la idea de la vivienda como derecho social y como bien de acceso supeditado a las reglas del mercado (Barreto, 2017). Es por lo que, la implementación y desarrollo de la vivienda social (VS) ha sido objeto de constantes críticas y desafíos (Alcalá et al., 2021).

El déficit habitacional (DH) es uno de los grandes retos en esta temática debido al alto nivel de urbanización de los países y a que el acceso al hábitat y a la vivienda adecuada es un derecho humano básico (Boix et al., 2023). El DH no se relaciona solamente con la

falta de viviendas, sino también con la calidad de las viviendas existentes (Marcos et al., 2018). Sin embargo, a pesar de las iniciativas de los gobiernos de América Latina para reducirlo, éste asciende constantemente en las ciudades donde la restricción de suelo es cada vez mayor (Sarracina, 2021).

En base a Barreto (2022), el DH en Argentina, según datos del Censo Nacional de Hogares, Población y Vivienda de 2010, en los últimos 60 años se ha mantenido estable en 3.000.000 de viviendas (el 25% de los hogares del país). En las cuales, el 48% del déficit habitaba una vivienda recuperable, el 15% una vivienda irrecuperable y el 38% sufría hacinamiento. En particular, según datos del gobierno, a fines de 2020, el DH cuantitativo (necesidad de un nuevo hogar) y el déficit cualitativo (falta de servicios básicos, hogares construidos con materiales débiles, entre otros) se aproximaba a los 3.800.000 hogares (Esandi, 2020).

En respuesta al DH, el diseño e implementación de políticas de vivienda representa una instancia clave de la gestión del territorio para restituir desigualdades estructurales. De esta manera, la complejidad del DH demanda políticas que reconozcan la diversidad de soluciones que deben ser provistas y un abordaje que priorice los sectores más vulnerables y con mayores dificultades económicas (Granero Realini et al., 2019). En sumatoria, el DH se relaciona con los problemas macroeconómicos estructurales del país, factores socio-institucionales, la comprensión de los problemas económicos y sus consecuencias en el hábitat, la falta de planificación del crecimiento urbano y de reconocimiento de la heterogeneidad de los problemas vinculados al hábitat (Boix et al., 2023).

En la provincia de San Juan, producto del sismo que el 15 de enero de 1944 ocasionó la destrucción del 90% de la ciudad, se edificó un gran número de viviendas de diversas calidades constructivas. Esto, con el objetivo de albergar a la mayor cantidad de familias que perdieron sus viviendas (aproximadamente 100.000 ciudadanos) en el menor tiempo posible (Cremaschi, 2022).

Los objetivos de la política habitacional provincial comprenden; reducir el DH, erradicar los asentamientos de emergencia en condiciones de pobreza, marginación y situación jurídica irregular, facilitar el acceso a una vivienda digna, mejorar el estado sanitario de los sectores poblacionales en condiciones de insalubridad y contribuir, a la generación de un ambiente saludable en general, favorecer a la planificación y desarrollo urbanístico,

del Gran San Juan, ciudades y poblados del territorio, provincial, con especial atención del medio ambiente (Consejo nacional de la vivienda, 2010).

Según datos del Censo 2022 (INDEC, 2023), la provincia de San Juan cuenta con 265.047 viviendas individuales, las cuales albergan a 814.856 personas, que representan al 99,6% de su población. Como se observa en Figura 8, el departamento con mayor cantidad de viviendas es Capital, seguido por Rawson y Rivadavia (todos pertenecientes al AMSJ).

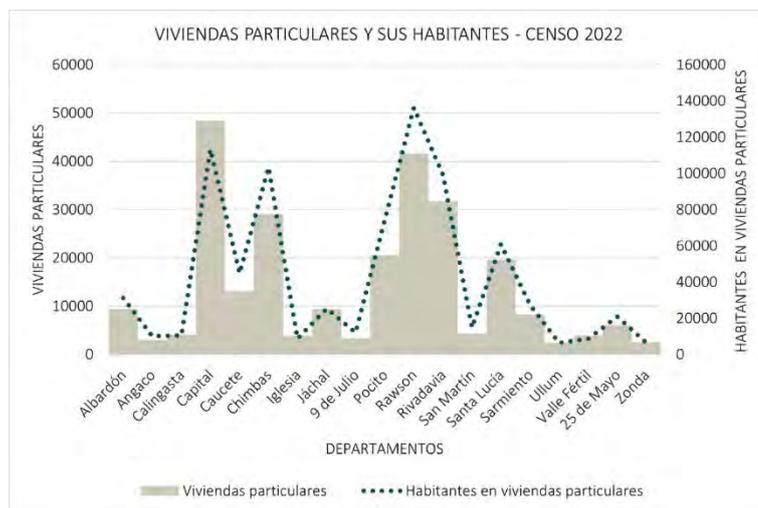


Figura 8. Cantidad de viviendas particulares y sus habitantes en San Juan. Fuente: elaboración propia en base a INDEC (2023).

A partir de entender el contexto habitacional nacional y provincial, se desarrollan los aspectos conceptuales y los antecedentes que fundamentan el trabajo en referencia a la vivienda entendida como un proceso en constante cambio, a la relación entre esta concepción y la EE y a la importancia de la mirada diacrónica propuesta en esta Tesis.

### 1.3.1.1 LA VIVIENDA FLEXIBLE Y ADAPTABLE

La vivienda siempre ha sido importante para el ser humano, alberga la familia y simboliza refugio y protección. Según Fernandes (2003), posee tres funciones diferentes: social, ambiental y económica. Se ha convertido en el espacio ocupado antes y después de las horas de trabajo, tiene capacidad para las tareas primarias de alimentación, descanso, socialización y actividades fisiológicas. Además, debe cumplir con los principios básicos de habitabilidad, seguridad y salud (Abiko, 1995).

Durante la fase de uso, la vivienda no permanece en estado estacionario. Por el contrario, las diversas actividades del núcleo familiar y sus demandas espaciales influyen en su configuración arquitectónica, donde, en la mayoría de los casos, la tipología original sufre modificaciones. Teles y González (2013) afirman que los cambios se producen en su

diseño original, su tamaño y la organización de sus espacios interiores puesto que los usuarios tienen la necesidad de ampliar el interior y ajustarlo para vivir más cómodamente.

Otras investigaciones exponen que la flexibilidad de una vivienda es necesaria para la adaptación de los habitantes. En base a las necesidades del usuario las modificaciones se realizan en el aspecto dimensional, constructivo y topológicos (Agyefi-Mensah, 2013) y según la reordenación espacial, crecimiento y divisiones, manipulación del volumen y de los componentes constructivos (Friedman, 2002).

Diversos autores han interpretado y desarrollado el concepto de flexibilidad, asociado con diferentes formas de adecuar el espacio arquitectónico. Algunos defienden la importancia de la flexibilidad en la ocupación inicial de los espacios (flexibilidad inicial) o en todo su uso (flexibilidad continua, funcional o permanente), justificada principalmente por la continua necesidad de nuevos sistemas de servicios, instalaciones y equipos (Queiroz Brandão y Mählmann Heineck, 2003).

Los aspectos conceptuales vinculados a la vivienda son diversos y tienen una extensa historia (hay antecedentes desde el siglo XVIII). En la actualidad, los modelos tipológicos de viviendas que constituyen los casos más representativos son; vivienda perfectible, vivienda loft, vivienda desjerarquizada, vivienda transformable, vivienda de estructura receptora, vivienda ampliable, vivienda por módulos, vivienda cáscara, vivienda semilla, vivienda dispersa, vivienda divisible, entre otros (Morales Soler et al., 2013).

Lo expuesto implica que la vivienda tiene una condición inherentemente progresiva, donde el usuario encuentra el modo de modificarla según sus necesidades para vivir más cómodamente, haciéndose partícipe de su crecimiento (Muñoz Lin, 2014; Teles y González, 2013). Esta conceptualización de vivienda como objeto en constante cambio, es compartida mundialmente (Tabla 1).

	Autor	País	Concepto principal
1	Acharya (2013)	Noruega	flexibilidad en la arquitectura
2	Adler y Vera (2018)	Chile	vivienda incremental
3	Aguilar Hidalgo (2013)	México	vivienda flexible
4	Agyefi-Mensah (2013a)	PB	vivienda flexible
5	Aziz et al. (2020)	Irak	flexibilidad y adaptabilidad
6	Berretta (1999)	Argentina	vivienda semilla
7	Bezos Alonso (2018)	EE. UU.	adaptabilidad espacial
8	Blanco Pepi et al. (2017)	Argentina	vivienda núcleo
9	Brand (1994)	EE. UU.	adaptabilidad y cambio

10	Queiroz Brandão y Máhlmann Heineck (2003)	Brasil	vivienda flexible
11	Cubillos González (2006, 2010, 2012)	Colombia	vivienda flexible
12	Ritter de Paris y Nuno Lopes (2018)	Alemania	vivienda flexible
13	Díaz (2017)	España	vivienda flexible
14	Estaji (2017)	Austria	flexibilidad en la arquitectura
15	Ferrero (1998)	Uruguay	vivienda evolutiva
16	Fiscarelli (2016, 2018)	Argentina	adaptabilidad en viviendas
17	French (2016)	Inglaterra	vivienda adaptable
18	Friedman (2002)	EE. UU.	adaptabilidad en viviendas
19	García Huidobro et al. (2005, 2010)	Perú	vivienda progresiva
20	Gelabert Abreu y González Couret (2013b, 2013a)	Cuba	vivienda flexible
21	Gibson y Kendall (2011)	EE. UU.	vivienda incremental
22	Gilani y Türker (2020)	Irán	etapas de la flexibilidad
23	González Lobo (1998)	México	vivienda galpón
24	Grounds (2012)	NZ	vivienda flexible
25	Gutiérrez Mozo y Pérez del Hoyo (2015)	Perú	crecimiento progresivo
26	Habraken (2005)	EE. UU.	edificio abierto
27	Herrera Millar (2003)	Chile	vivienda progresiva
28	Jakšić et al. (2017)	Rusia	flexibilidad y adaptabilidad
29	Kadowaki et al. (2003)	Japón	estudio de ampliaciones
30	Kendall (2006)	EE. UU.	edificio abierto
31	Kumar Dhar et al. (2013)	Portugal	vivienda flexible
32	Laiton Suárez (2017)	Colombia	vivienda flexible
33	Logsdon et al. (2018)	Brasil	literatura sobre flexibilidad
34	Lucas et al. (2012)	Perú	crecimiento progresivo
35	Mahdinejad y Ehsani Oskouei (2016)	Irán	flexibilidad en viviendas
36	Marroquim y Barbirato (2007)	Brasil	vivienda flexible
37	Martín López (2014, 2015, 2016)	España	vivienda crecedera
38	Martínez (2015)	España	vivienda flexible
39	Minami (2016)	Japón	edificio abierto
40	Montaner et al. (2011)	España	adaptabilidad y flexibilidad
41	Monteiro Larcher (2005)	Brasil	adaptabilidad y flexibilidad
42	Morales Soler et al. (2013)	España	flexibilidad en viviendas
43	Muñoz Lin (2014)	Chile	vivienda progresiva
44	Osman et al. (2011)	Sudáfrica	adaptabilidad en viviendas
45	Rian (2011)	India	edificio abierto
46	Schneider y Till (2005)	Alemania	vivienda flexible
47	Sepulveda Mellado (1986)	Chile	vivienda progresiva
48	Serrano Macías (2018)	México	vivienda semilla
49	Sinclair et al. (2012)	Canadá	flexibilidad en viviendas
50	Till y Schneider (2005)	Alemania	vivienda flexible
51	Trovato (2009)	España	vivienda flexible
52	Vinco Jubini (2017)	Brasil	flexibilidad en el proyecto
53	Wittkugel (2010)	EE. UU.	adaptabilidad y flexibilidad
EU: Estados Unidos – PB: Países Bajos – NZ: Nueva Zelanda			

Tabla 1. Conceptualizaciones de la vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023.

Para ejemplificar, en México se presentan las viviendas galpón de Carlos González Lobo, mientras que en Chile se hallan las viviendas incrementales del grupo Elemental y en

Argentina las viviendas como proceso progresivo del Centro Experimental de la Vivienda Económica.

En Perú, destaca el Proyecto Experimental de Vivienda (PREVI), en Brasil las viviendas sociales de Ivoti, en Uruguay las viviendas evolutivas, en Colombia las viviendas como un proceso evolutivo y adaptable y en Cuba las viviendas progresivas. Por su parte, en Estados Unidos se encuentra a Friedman y su estudio de adaptabilidad en la vivienda y el reconocido Open Building (González Lobo, 1998; Adler y Vera, 2018; Berretta, 1999; Gutiérrez Mozo y Pérez del Hoyo, 2015; Friedman, 2002; Habraken, 1987).

En el resto de los continentes, estos modelos conceptuales de la vivienda se reiteran: en España el trabajo Habitar el Presente, en India las viviendas de diseño transformable, en Irán la flexibilidad en viviendas, en Rusia vinculan la idea de adaptabilidad con la sostenibilidad, en Noruega y las viviendas flexibles, en Japón destaca el concepto de edificio abierto y el trabajo de viviendas ampliadas, en Irak la adaptabilidad en viviendas como herramienta de diseño sostenible, en Nueva Zelanda y las viviendas flexibles, en Inglaterra las viviendas adaptables, en Austria se plantea que la vivienda es un sistema de actividad, en Alemania y la vivienda cambiante, en Países Bajos la vivienda como entidad transformable en el tiempo, en Portugal y las nociones de flexibilidad residencial, entre otras (Montaner et al., 2011; Rian, 2011; Mahdinejad y Ehsani Oskouei, 2016; Jakšić et al., 2017; Acharya, 2013; Minami, 2016; Aziz et al., 2020; Grounds, 2012; French, 2016; Estaji, 2017; Schneider y Till, 2005; Agyefi-Mensah, 2013a; K.umar Dhar et al., 2013).

Son extensas las investigaciones que analizan las causas de las transformaciones en la vivienda. En su mayoría los trabajos coinciden en que el primer motivo de crecimiento es asumir un núcleo familiar tipo con iguales necesidades y requerimientos, para cualquier lugar geográfico (Rian, 2011; Trovato, 2009), cuando existe una lógica de crecimiento vinculada especialmente con el desarrollo familiar. Igualmente, el nivel económico y educativo es motivo de ampliación de las viviendas (Muñoz Lin, 2014; Queiroz Brandão y Mählmann Heineck, 2003) al igual que parámetros de funcionalidad, confort y la obsolescencia física (Mahdinejad y Ehsani Oskouei, 2016).

Autor	Significado de vivienda	País
Adler y Vera (2018)	espacio vital para el bienestar	Chile
Agyefi-Mensah (2013)	organismo flexible	Países Bajos
Blanco Pepi et al. (2017)	proceso que da respuesta a las necesidades	Argentina
Brandão y Heineck (2003)	multidimensional y dinámico	Brasil
Cubillos González (2006, 2010, 2012)	proceso abierto, evolutivo y adaptable	Colombia
Ritter de Paris y Nuno Lopes (2018)	espacio en constante adaptación	Portugal
Estaji (2017)	sistema de actividad	Austria
Fiscarelli (2016, 2018)	un proyecto adaptable	Argentina
García Huidobro et al. (2005, 2010)	parte de un proceso dinámico	Perú
Gelabert Abreu y González Couret (2013a, 2013b)	respuesta a la variabilidad dialéctica de la vida	Cuba
Gibson y Kendall (2011)	proceso del vivir	EE. UU.
Grounds (2012)	aquello que pueda adaptarse a las necesidades	Nueva Zelanda
Gutiérrez Mozo y Pérez del Hoyo (2015)	proceso indeterminado y abierto	Perú
Habraken (2005)	aquello en constante transformación	EE. UU.
Herrera Millar (2003)	proceso habitacional	Chile
Laiton Suárez (2017)	espacio de desarrollo familiar	Colombia
Lucas et al. (2012)	proceso constructivo diferido en el tiempo	Perú
Marroquim y Barbirato (2007)	flexibilidad espacial	Brasil
Martín López (2014, 2015, 2016)	proceso de evolución en el tiempo	México
Montaner et al. (2011)	representación espacial de la familia dinámica	España
Morales Soler et al. (2013)	acto que se desarrolla en el tiempo	España
Muñoz Lin (2014)	condición inherentemente progresiva	Chile
Sepúlveda Mellado (1986)	manifestación de la vida	Chile
Serrano Macías (2018)	hábitat dinámico	México
Till y Schneider (2005)	edificio incompleto	Alemania

Tabla 2. Significado de la vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023.

El análisis teórico-bibliográfico manifiesta que en las últimas dos décadas el concepto de vivienda como objeto de carácter dinámico ha sido estudiado a escala global (Tabla 2). No obstante, en términos geográficos regionales la tipología de casa crecedera, cáscara o casa galpón responde a una demanda de vivienda social económica, presente mayormente en países en vías de desarrollo, donde el objetivo es garantizar la adaptación de la vivienda a la estructura variable de la familia y su evolución temporal.

En Europa o América del Norte se encuentran otros tipos de crecimiento como la modalidad de cáscara y soporte, que favorecen un mejor aprovechamiento del suelo, con sistemas como el de expansión, de carácter experimental y tecnologías avanzadas (Serrano Macías, 2018). En coincidencia, Gelabert Abreu y González Couret (2013) sostienen que el diseño y construcción de viviendas progresivas tienen enfoques y resultados divergentes en los países con diferente nivel de desarrollo.

Si bien estos antecedentes aluden a la concepción progresiva de la vivienda durante la fase de uso, no hacen referencia a las condiciones de dichos cambios con relación a la demanda de energía. Es por lo que en adelante se avanza en aquellos antecedentes que han realizado desarrollos en la materia.

### 1.3.1.2 LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y LA VIVIENDA PROGRESIVA

De acuerdo con el análisis bibliográfico son escasos los antecedentes que vinculan estos dos conceptos. En general los parámetros de sustentabilidad y eficiencia no convergen en el desarrollo de una vivienda evolutiva. Sin embargo, el trabajo de Encinas (2021), estudia la vivienda ampliada autoconstruida y su relación con parámetros de confort, concluyendo que los procesos de ampliación no aportan a la mejora de la calidad de vida desde lo energético ambiental.

En base a UNEP (2018), entre los cambios que deben hacerse para lograr viviendas más sostenibles, se debe considerar un diseño de ampliación pensado para un crecimiento edilicio de bajo impacto. Tomadoni y Díaz Varela (2017) desarrollan una metodología para evaluar la sustentabilidad en viviendas sociales compuesta por 18 indicadores, de los cuales tres hacen referencia a la posibilidad de crecimiento.

A nivel nacional, el Manual de Vivienda Sustentable (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019) indica que las viviendas deben diseñarse y construirse considerando las modificaciones físicas producto de los cambios en la vida de las familias. Conjuntamente, deben prever la posibilidad de crecimiento a futuro y mantener la flexibilidad en cuanto a; forma, proporción, comunicación fluida, divisiones y su ubicación. De igual forma, la Secretaría de vivienda (2019) considera la adaptabilidad como un factor básico de sostenibilidad y propone que, al proyectar las viviendas, se estudien los aspectos que harán posible una futura ampliación y que se incorporen en un “Manual de ampliación de la vivienda” para el usuario.

En Argentina son diversos los estudios e investigaciones desarrollados en la temática, ya que se ha avanzado en el análisis de los requerimientos energéticos para el acondicionamiento térmico de prototipos residenciales, definición de estrategias y pautas de diseño bioclimático y el estudio de la EE en viviendas barriales. Al respecto, se pueden mencionar las investigaciones desarrolladas en Mendoza por Mitchell (2005), el cual estudia la vivienda social y estipula que la misma no alcanza el límite mínimo de confort, además del deficiente comportamiento térmico debido a que el diseño y la tecnología

constructiva no son las apropiadas para el sitio de implantación. En la misma línea, en Corrientes, Alías y Guillermo (2011) evalúan el comportamiento termo energético y el confort de los usuarios de diez tipologías de viviendas de operatorias estatales y privadas. Luego de estudiar las modificaciones en el diseño de la envolvente se determinan las estrategias de optimización de las variables consideradas en el diseño según la zona bioambiental cálida húmeda. En La Pampa, Flores Larsen y Filippín (2021), analizan el consumo eléctrico durante 11 años de 75 viviendas barriales. Como resultado se observa que únicamente un 14% de las viviendas alcanzan niveles óptimos de confort térmico, mientras que en verano una vivienda con fachada hacia el oeste consume un 23% más que la misma vivienda orientada hacia el Este, motivo de la ganancia solar directa. En Buenos Aires, Díscoli et al. (2016) construyen una metodología que permite mediante el desarrollo de pautas y el reciclado de la envolvente residencial, identificar tipologías y patrones tecnológicos para conseguir una mayor EE en el parque edilicio residencial existente. En Rodríguez et al. (2016), se evalúan estrategias de mejora de la envolvente con criterios de EE en tipologías residenciales representativas de La Plata, para alcanzar los estándares de transmitancia térmica establecidos por la Ley Provincial 13.059 y se evalúa la demanda energética en cada caso. Como resultado se alcanzan ahorros del 20%. Andersen et al. (2019) realizan una clasificación tipológica y proponen estrategias de reciclado edilicio para minimizar el consumo de energía en la ciudad de Bariloche. La clasificación tipológica elaborada conforma un banco de datos del parque residencial existente de alta replicabilidad en la región. En Córdoba, Angiolini et al. (2007), comparan dos viviendas de interés social con distintas modificaciones en la envolvente y evalúan el comportamiento higrotérmico de las mismas. Como conclusión se menciona una disminución en las prestaciones de las envolventes en relación con el confort, incrementando el consumo energético y provocando una diversidad de patologías futuras.

En la provincia de San Juan, las investigaciones realizadas por Blasco Lucas (2021, 2017) exponen la rehabilitación edilicia de la envolvente en una tipología de vivienda barrial masiva y se desarrollan 8 propuestas que mejoran el desempeño térmico energético. Como resultado se logran ahorros en los consumos de energía entre el 33% y el 56%. En complemento, Blasco Lucas (2011, 2006) plantea mejoras constructivas asociadas a combinaciones de estrategias bioclimáticas, que conforman 18 alternativas, que son

analizadas y cuantificadas en su carga térmica anual. Como resultado se obtiene que aquellas medidas que incluyen aislación térmica en los muros son las más eficaces.

De modo similar Álvarez y Ripoll Meyer (2019), analizan los materiales de los sistemas constructivos propios de zonas árido-sísmicas para cuatro barrios de vivienda social, mediante una Matriz de Optimización Multiobjetivo que permite optimizar los materiales constructivos.

A partir de los antecedentes, se observa que se han desarrollado investigaciones que evalúan: la demanda de energía de prototipos de vivienda barrial; la modificación de la envolvente para mejorar la EE de viviendas; el consumo energético de viviendas de acuerdo con la modificación de las orientaciones; el alcance del confort higrotérmico y la existencia de patologías constructivas en viviendas sociales. Todos estos aspectos son evaluados en prototipos construidos en su condición original en un determinado momento de su fase de uso. Por lo expuesto, a continuación, se avanza sobre la necesidad de incorporar una mirada diacrónica en la evaluación energética de la vivienda.

### 1.3.1.3 LA MIRADA DIACRÓNICA EN LA EVALUACIÓN DE LA VIVIENDA

La discusión acerca de la EE en las edificaciones es un tema de actualidad y debate, que ha provocado el surgimiento de diferentes avances en términos de leyes, normativas, métodos, técnicas, software e instrumentos para el conocimiento, evaluación y determinación de la EE. Considerando esto, en conjunto al predominante carácter evolutivo de la vivienda, desarrollado anteriormente, se analizan las diversas maneras de evaluar la EE de construcciones residenciales focalizando en antecedentes de diacronicidad de viviendas ampliadas, buscando dar respuesta al interrogante, ¿las metodologías de evaluación de la EE incorporan la mirada diacrónica? Para esto, se analizan 73 normativas pertenecientes a 31 países y a la Unión Europea (Tabla 3), las cuales se consideran las más completas y detalladas.

Normativas		
América	Argentina	Norma IRAM 11.900 Prestaciones Energéticas en Viviendas
	Brasil	Ley de EE N° 10.295, Reglamento de Evaluación de la EE para Edificios, Programa Brasileño de Etiquetado
	Chile	Plan de acción de EE 2012-2020, Calificación Energética de Viviendas en Chile, Ley N° 21305 de EE
	México	NAMA'S vivienda sustentable, NOM-020-ENER-2011 EE. Envolvente para uso habitacional

	EU	International Energy Conservation Code, ENERGY STAR- CSE, Home Energy Score, Normas ASHRAE 90
	Canadá	EnerGuide
Asia	China	Estándar de diseño para la EE de edificios residenciales- zonas frías y calurosas, Estándar de evaluación para edificios ecológicos
	Japón	Ley del Uso Racional de la Energía, Directrices sobre la racionalización del uso de energía para Viviendas, Criterios para Clientes sobre Racionalización del Uso de Energía para Viviendas
	India	Eco-Niwas Samhita Conservación de energía- sector residencial, Programa Etiqueta de EE para edificios residenciales
Europa	Alemania	Normativa EnEV 2014, Normativa Building Energy Act (BEA)
	Austria	Certificado de eficiencia energética general (CEEG), Normativa del Instituto de Ingeniería de la Construcción
	Bélgica	Certificado PEB, Manual de certificación del rendimiento energético de vivienda
	Bulgaria	Ley de EE del 19/02/2004, Ordenanza para la conservación de la energía y la calefacción en los edificios, Ordenanza N°7 sobre EE en edificios
	Chipre	Guía de Aislamiento térmico de los edificios, Metodología de cálculo del rendimiento energético de edificios
	Dinamarca	Código de la Construcción, Normativa SBI 213: Demanda Energética de los Edificios, Implementación de EPBD en ampliaciones o remodelaciones
	Eslovaquia	Decreto N° 311/2009, Ley N° 555/2005 Rendimiento energético de los edificios
	Eslovenia	Normativa N°77/2009 metodología de producción y emisión de CEE para edificios, Normativa N° 52/2010 Uso eficiente de la energía en edificios, Ley de EE N° 158/20
	España	Código Técnico de la Edificación Española, Documento básico de ahorro energético
	Estonia	Requerimientos mínimos para el comportamiento energético, Regulación metodológica para calcular el rendimiento energético de un edificio, Regulación de requisitos para el etiquetado y marco energético, Regulación de requisitos mínimos para el rendimiento energético de edificios
	Finlandia	Ley N° 18/01/2013/50 de Certificado Energético de Edificio, Decreto 1010/2017 de EE en edificios, Guía de EE estructural en construcciones de renovación
	Francia	Diagnostic de Performance Energétique, Reglamento Térmico de los edificios
	Grecia	Ley 4122/2003 Reglamento de EE de Edificios KENAK
	Holanda	Energielabel
	Irlanda	Procedimiento de Evaluación Energética de la Vivienda DEAP
	Italia	Ley N° 10, Manual de Certificación energética de los edificios
	Noruega	Manual para la planificación de viviendas pasivas y de bajo consumo energético
	PB	Decreto de rendimiento energético de los edificios, Reglamento de rendimiento energético de los edificios
	Portugal	Ley N° 118/2013, Ley N° 101-D/2020, Orden N° 15793-E/2013
	RU	Standard Assessment Procedure (SAP) 2012, Energy Performance Certificate
RC	Decreto N°264/2020	
Suecia	Normas de Construcción de la Agencia de la Vivienda	
Unión Europea		ODYSSEE-MURE 2020, Normativa 2010/31/UE, Normativa 2002/91/EC Energy Performance Building Directive, Normativa ISO 13790 Energy performance of Building, Normativa ISO 52000 EE y Rendimiento energético de edificios, Normativa EN 15217 Energy performance of Building, Normativa EN 15603 Energy Performance of Building
EU: Estados Unidos- PB: Países Bajos- RC: República Checa- RU: reino Unido		

Tabla 3. Normativas de análisis. Fuente: elaboración propia, 2023.

Según el análisis se concluye que son exiguas las legislaciones que incorporan la mirada diacrónica para evaluar las viviendas. Entre ellas, la Directiva 2002/91/EC Energy Performance Building vigente desde 2002, exige a los estados de la Unión Europea emitir un certificado de EE donde cada país debe elegir cómo evaluar las viviendas ampliadas (Tabla 4). En esta línea, República Checa y Luxemburgo evalúan las viviendas ampliadas con la misma metodología que las viviendas nuevas.

En cambio, Austria, Dinamarca, Francia, Alemania y los Países Bajos utilizan la misma metodología que en viviendas nuevas, pero con menores requisitos. Por último, hay países que disponen de una metodología diferenciada para evaluar viviendas ampliadas como Bélgica, Gran Bretaña y Suecia (BMVBS, 2010).

Evaluación de la EE en viviendas ampliadas				
País	Misma metodología que viviendas nuevas	Misma metodología que viviendas nuevas, pero con menores requisitos	Metodología propia	Sin metodología, pero con recomendaciones de ampliación
Austria		■		
Bélgica	■			
Rep. Checa	■			
Dinamarca		■		
Francia		■		
Alemania		■		
Gran Bretaña			■	
Luxemburgo	■			
Países Bajos		■		
Suecia				■

Tabla 4. Metodologías de evaluación de la EE en viviendas ampliadas. Fuente: elaboración propia basada en BMVBS (2010).

De forma similar, en el Cuadro de Mando Internacional de EE realizado en 2022 (Subramanian et al., 2022), Francia, Países Bajos y Reino Unido tienen códigos obligatorios integrales para edificios residenciales y obtienen la máxima calificación respecto a las Políticas de remodelación de edificios. Esto se debe a que sus códigos de edificación requieren actualizaciones de EE dentro de un marco de tiempo específico, exigiendo que el rendimiento energético general mejore cuando se realice cualquier ampliación, aumento o conversión del edificio y prohíben el alquiler o venta de una vivienda con bajo rendimiento energético.

En Austria la Normativa OIB Ahorro de energía y protección térmica define que una ampliación es sustancial si el 25% de la envolvente del edificio ha sido modificada o si se

ha reemplazado alguno de sus componentes principales. Para evaluar las viviendas ampliadas se utiliza la misma metodología que para viviendas nuevas, pero con menores requisitos, como ser, se reduce el valor de referencia para la demanda de calor y para los componentes de la envolvente (BMVBS, 2010).

De igual forma, en Italia, el Decreto Legislativo 192/05 establece que el certificado de EE tiene una vigencia de 10 años, salvo cuando el edificio es intervenido con modificaciones que afecten el nivel de eficiencia, puesto que, si esto sucede, la vigencia es hasta el 31 de diciembre del año siguiente. Conjuntamente, el Decreto Legislativo 26/06/2009 menciona que el certificado de EE debe renovarse en caso de existir cualquier remodelación que afecte al menos al 25% de la envolvente exterior y cambie el rendimiento energético del edificio (Denza y Lauria, 2020). Bulgaria en su Ley de EE sancionada en 2004 expone lo mismo, en caso de cualquier reforma, rehabilitación o ampliación de la vivienda debe volver a certificarse (Galiano Garrigós, 2013).

En Dinamarca la Normativa SBI 213: Demanda Energética de los Edificios (BMVBS, 2010), de 2011, diferencia seis categorías de proyectos para las cuales varían los requisitos energéticos. Para las ampliaciones, las exigencias se pueden satisfacer mediante tres métodos diferentes; los dos primeros hacen referencia a los cambios de uso y las extensiones (Figura 9) y el tercer método consiste en emplear un umbral de pérdida de calor. Este último indica la máxima pérdida de transmisión de calor permitida y varía de una construcción a otra, ya que es calculado en base a la superficie cubierta de la ampliación. La cual cumple con la normativa cuando la pérdida real está por debajo de la pérdida máxima permitida, a la vez que satisface los requisitos generales mínimos para la envolvente del edificio (Danish Knowledge Centre for Energy Savings in Buildings, 2018).

Al mismo tiempo, en el caso de Dinamarca, una parte de los alquileres de las casas antiguas se guarda en un fondo central para reducir la brecha de calidad entre las viviendas sociales nuevas y las antiguas (UNEP, 2020b). De esta manera se genera un fondo de reserva para el mantenimiento de viviendas, que asegure su calidad constructiva.

NUEVA CONSTRUCCIÓN	CAMBIO DE USO	AMPLIACIÓN	OTROS CAMBIOS	CAMBIOS DE ELEM. CONSTRUC. E INSTALACIONES	REPARACIONES
					
<b>New buildings</b>	<b>Change of use</b>	<b>Extensions</b>	<b>Conversions and other alterations</b>	<b>Replacements of building elements and installations</b>	<b>Reparations*</b>
Energy requirements §§ 250-258 §§ 259-266	Energy requirements §§ 250-258 §§ 267-270	Energy requirements §§ 250-258 §§ 271-273	Energy requirements (cost-effective) §§ 250-258 §§ 274-279	Energy requirements §§ 250-258 §§ 274-279	No energy requirements Instructional text about energy consumption item 4.0
Requerimiento energético 250-258 259-266	Requerimiento energético 250-258 267-270	Requerimiento energético 250-258 271-273	Requerimiento energético 250-258 274-279	Requerimiento energético 250-258 274-279	Sin requerimiento de energía

Figura 9. Categorías de evaluación de ampliaciones para viviendas en Dinamarca. Fuente: Elaboración propia basada en Danish Knowledge Centre for Energy Savings in Buildings (2018).

En Argentina, son puntuales las iniciativas similares a las mencionadas. Como aproximación, Schiller (2020) analiza la vivienda inicial y sus posteriores ampliaciones considerando propuestas de agrupamiento con estrategias bioambientales en base a la Norma IRAM 11603 (2012) y define ahorros en la demanda de energía entre el 3% y 35% de acuerdo con cambios en el diseño, en los elementos constructivos y en el agrupamiento. Tomadoni y Díaz Varela (2017) vinculan el concepto de sustentabilidad y eficiencia con los procesos de crecimiento en la vivienda al construir una metodología de evaluación de la sustentabilidad con indicadores posibles de aplicar a viviendas sociales, entre los que se encuentra la posibilidad de crecimiento.

En complemento, la Norma IRAM 11900 de Prestaciones energéticas en la vivienda (IRAM, 2017) busca implementar un sistema de etiquetado de EE de viviendas unificado para todo el territorio nacional, que permita clasificarlas según su grado de eficiencia. La etiqueta establece una escala que determina la clase de EE de una vivienda asociada a un rango de valores del Índice de Prestaciones Energéticas (IPE) que varía para cada región del país, y que es independiente del uso de la vivienda y su concepción como proceso. Se constituye como un gran avance en materia de EE residencial, a pesar de que no considera la diferenciación entre la vivienda en estado original y la vivienda ampliada.

Los antecedentes locales, nacionales e internacionales mencionados en este capítulo dan cuenta de la importancia de la temática en el ámbito construido, particularmente el residencial como así también del extenso camino que queda por recorrer en lo referido a la variabilidad de la arquitectura, la envolvente y el uso espacial en los procesos de crecimiento de las viviendas y su vínculo con los consumos energéticos. Conjuntamente,

de forma progresiva los países incorporan en sus normativas, requisitos de mejora energética en viviendas en busca de disminuir esta demanda (Michaux et al., 2024).



# 02

---

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DIACRÓNICA



## SÍNTESIS

Este capítulo presenta como objetivo desarrollar la metodología de evaluación diacrónica producto de esta investigación. Para esto, se definen seis etapas las cuales son abordadas en el presente capítulo, desde la praxis y la teoría a efectos que la misma pueda replicarse en otras investigaciones.

En primera instancia se detalla el procedimiento para definir los casos de estudio y las variables de análisis, las mismas se enmarcan en cuatro grupos; arquitectura, envolvente, energía y uso. Seguidamente, se define la evolución diacrónica de la vivienda en base a las 22 variables seleccionadas. Posteriormente, se desarrolla el análisis estadístico para determinar los clústeres que posibilitan el agrupamiento de los casos de estudio y los modelos de regresión para determinar las variables significativas en cada clúster. Luego se exponen los lineamientos de ampliación eficiente por grupo de variables y por clúster.

Por último, se especifica el proceso para llevar a cabo la aplicación de los lineamientos a un caso de estudio, representativo de un clúster, y de forma consecutiva se cuantifica su potencial ahorro en términos energético, ambiental (en emisiones de CO<sub>2</sub>) y económico a nivel de la vivienda, así como de los barrios a los que representa.

## PROPUESTA METODOLÓGICA

El desarrollo metodológico propuesto se compone de seis etapas (Figura 10), donde de forma paulatina se abordan los casos de estudio y se justifica su selección. Seguidamente, se detallan las variables de análisis y se muestran los datos a recolectar y la forma de hacerlo. Consecutivamente, se analiza la vivienda de manera diacrónica, comparando el estado de la vivienda pre y post ampliaciones. Luego se detallan los métodos estadísticos que posibilitan la elaboración de clústeres para el agrupamiento de los casos de estudio y se detallan las variables con mayor relación en cada caso. Posteriormente, y con base en los resultados alcanzados, se desarrollan estrategias para un crecimiento eficiente de la vivienda IPV. Por último, se aplican los lineamientos a una vivienda IPV y se obtiene la potencialidad de ahorro (energético, en emisiones y económico) a escala residencial y de clúster.

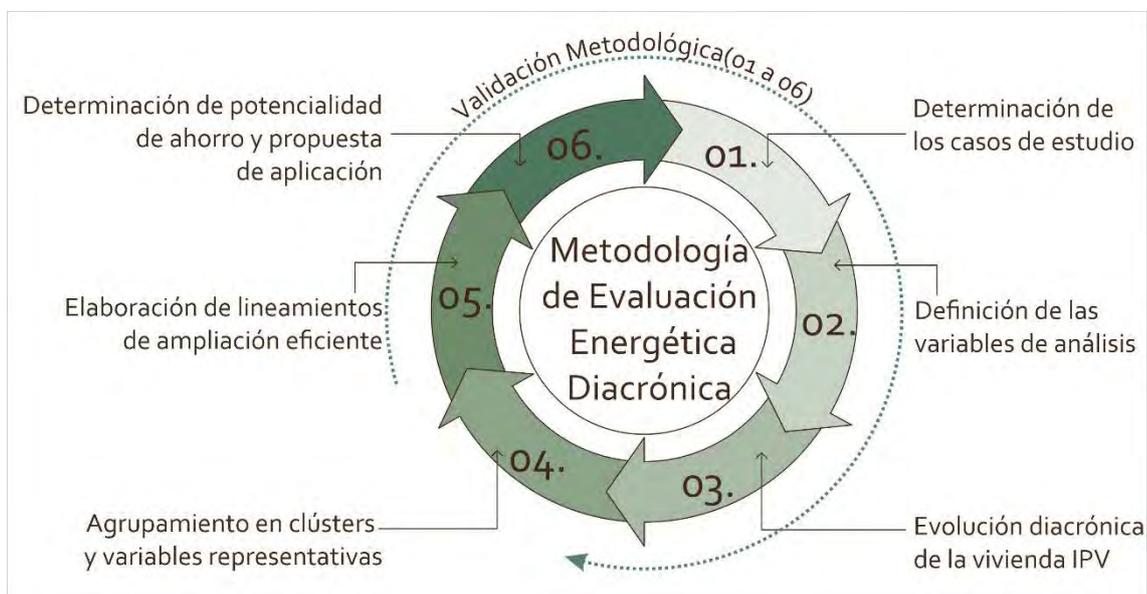


Figura 10. Esquema de la metodología elaborada. Fuente: elaboración propia, 2023.

En complemento, se trabaja con la metodología de Samaja (2004), la cual delimita los aspectos particulares de cada investigación y desarrolla el concepto de matrices, las cuales se encuentran integradas por unidades de análisis (UA), variables (V), valores (R) e indicadores (I). El autor determina, como mínimo tres matrices; una central, matriz de anclaje (Na), donde la investigación se "ancla". Seguidamente, una matriz de nivel sub-unitario (N-1) formada por los componentes de las unidades de análisis del Na. Y finalmente, una matriz supra unitaria (N+1), constituida por los contextos de las unidades de análisis de la matriz Na.

Las UA se componen por los estados en los que atraviesa un sistema dado a lo largo del tiempo y cada nivel de anclaje constituye una descripción de dicho sistema. De esta manera, cada UA contiene V, que son las condiciones que se quieren estudiar y R que son los estados que toma cada V. Todo esto se encuentra inmerso en un contexto (C). Las relaciones entre matrices indican que las variables del nivel inferior funcionan como dimensiones para construir indicadores que nos permitan conocer el valor de variables de nivel superior. Las unidades de análisis del nivel inferior pueden ser elementos componentes cuyos comportamientos se expresan como variables del nivel superior. Y finalmente, las unidades de análisis del nivel superior pueden contextualizar los niveles inferiores (Samaja, 2004).

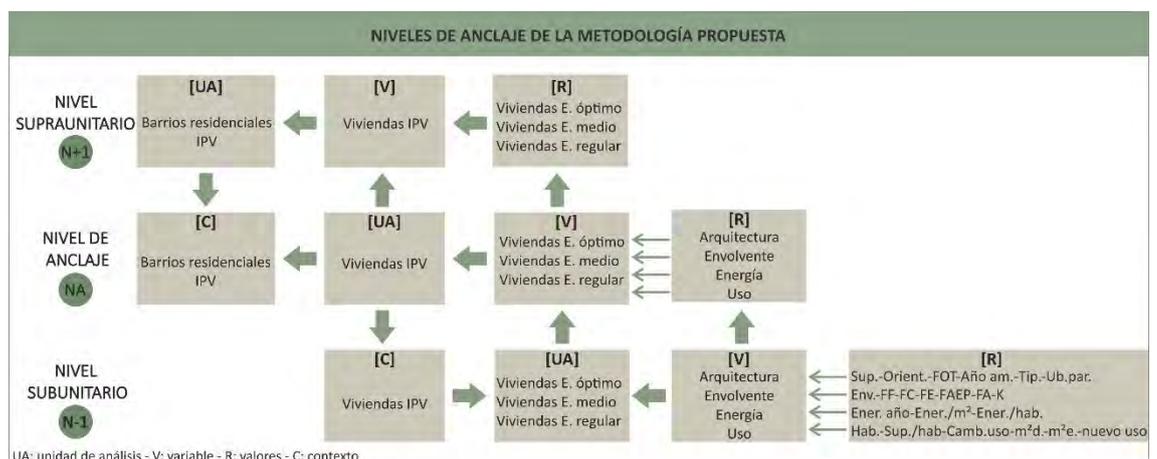


Figura 11. Niveles de anclaje de la metodología propuesta. Fuente: elaboración propia, 2024.

Acorde a lo explicitado precedentemente, la presente investigación aborda, en cada nivel de anclaje, las diferentes escalas del hábitat residencial y considera que los niveles de integración permiten abarcar los datos de distinto tipo. Éstas, presentes en toda investigación científica, definen una matriz de datos mediante relaciones lógico-metodológicas determinadas (Viegas, 2016).

Para este caso, se considera que el nivel de anclaje está constituido por la vivienda IPV como unidades de análisis. En el nivel superior, son los barrios IPV, los cuales brindan el carácter de contexto a la investigación y permiten conocer ciertos atributos que requiere el nivel de anclaje. En el nivel inferior, las unidades de análisis son las viviendas caracterizadas del clúster, es decir, viviendas de eficiencia óptima, viviendas de eficiencia media y viviendas de eficiencia regular. Asimismo, los diferentes niveles pueden convertirse en la unidad de análisis central, según la escala de estudio (Figura 11).

## 2.1. DEFINICIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

En este apartado, se definen el universo de análisis, las unidades de análisis y los casos de estudio.

### Universo de análisis

El universo de estudio, según Sabino (1992), es un conjunto de elementos que, para poder explorarlo, debe reducirse a proporciones manejables. Por esto, para definir el universo se adopta un proceso de filtrado de las viviendas. El primer filtro es la ubicación, ya que como se mencionó previamente se considerarán todas aquellas viviendas localizadas dentro del AMSJ.

El segundo filtro es el año de construcción. En este caso se consideran todas las viviendas construidas entre 1990 y el año 2000, es decir, que a la actualidad llevan entre 20 y 30 años de uso y ya han alcanzado su vida útil mínima (Secretaría de Vivienda, 2019). La selección en años del segundo filtro no es arbitraria. Se debe tener presente que el movimiento sísmico de 7,8 grados de magnitud en escala Richter y una intensidad máxima de 9 en escala Mercalli sucedido en enero de 1944, provocó la destrucción de la ciudad fundacional y la pérdida de aproximadamente 10.000 vidas humanas (Nacif et al., 2011). Esto condujo a un período de reconstrucción, entre 1944 y 1960, donde se fundó nuevamente la ciudad (Roitman de Schabelman, 1996). Debido a esto, los barrios con mayor antigüedad en la provincia datan del año 1970 aproximadamente. Sumado a ello, se dispone de imágenes satelitales desde 1985 de libre acceso, siendo estas de gran utilidad para el análisis del segundo filtro en la caracterización del año de construcción.

El tercer filtro es descartar aquellos barrios de vivienda individual y colectiva en altura, tipo monoblock. Dado que la investigación busca estudiar las ampliaciones de las viviendas se escogen aquellas viviendas individuales que tienen mayores posibilidades de crecimiento.

El cuarto filtro es seleccionar las viviendas ya ampliadas. Para esto se trabaja con imágenes de Google Earth Pro y Google Maps en el software QGIS, donde se contrasta la vivienda a lo largo del tiempo y se eligen aquellas que han incrementado su superficie.

El quinto filtro hace referencia a seleccionar aquellas viviendas con los planos de arquitectura pre y post ampliación. Para esto se recurrió al IPV donde se obtienen los planos de las viviendas originales. Los planos de la vivienda ampliada se solicitan en la DPDU, brindando el dato de la nomenclatura catastral asociada al expediente donde se

aprueban los procesos de crecimiento de esta. Obtener los planos de arquitectura de las ampliaciones resulta de suma importancia, ya que la información contenida en dichos pliegos permitirá generar datos (como el coeficiente de transmitancia térmica, la relación vidrio/opaco), que posteriormente serán comparados con los de la vivienda en su estado original.

El último filtro (sexto) es conseguir los consumos históricos de electricidad y gas de las viviendas. Para esto se solicitó a las empresas Energía San Juan y Ecogas, mediante la dirección y nomenclatura catastral, los consumos históricos de energía (desde que la vivienda comenzó a habitarse a la actualidad). Además, en esta etapa se retiran las viviendas que incorporan un uso diferente al residencial, por ejemplo, kioscos, oficinas, consultorios, entre otros. En conclusión, las viviendas que cumplan con estos seis filtros forman parte del universo de análisis.

### **Unidades de análisis**

Se toma como unidad de análisis a las viviendas individuales unifamiliares pertenecientes a barrios construidos por el IPV y ubicadas dentro del AMSJ, ya que aquí se reúne la mayor parte de la población y es donde el IPV ha construido la mayor cantidad de barrios (Ministerio de Infraestructura, 2016; UNIDE, 2020). Por la naturaleza de la investigación la selección de las unidades de análisis se realizó de acuerdo con los criterios descritos en el proceso de filtrado.

### **Casos de estudio**

El caso de estudio consiste en un subgrupo del universo delimitado con precisión sobre el cual se recolectarán datos. Por las características de la tesis se seleccionó la muestra no probabilística, esto es, cuando la selección de casos se realiza por ciertos propósitos especificados por el investigador (Hernández Sampieri et al., 2014) y se utiliza cuando el objetivo es la riqueza, profundidad y calidad de la información, no así la estandarización. En función de ello es que esta tesis plantea analizar aquellas viviendas con mayor superficie ampliada, mayor diversidad tipológica y con mayor riqueza morfológica-constructiva.

## **2.2. VARIABLES DE ANÁLISIS**

La investigación plantea analizar la vivienda de forma diacrónica y para ello se basa en el estudio de cuatro aspectos: arquitectura, envolvente, energía y uso.

Las variables del aspecto arquitectura están orientadas a aquellas que hacen referencia al diseño y que son medulares en los procesos de crecimiento de la vivienda. Por otro lado, las variables de la envolvente sintetizan los aspectos tecnológicos, constructivos y de forma que intervienen en las ampliaciones. Estas resultan fundamentales debido a la importancia que tiene en la demanda de energía en un edificio.

Las variables del aspecto energético se caracterizan por comprender todas las variables dependientes y que permiten monitorear y controlar las variaciones de la demanda energética. Este aspecto se relaciona con la manera en que la energía es empleada y la cantidad de energía que es consumida. Por último, las variables relacionadas al aspecto del uso comprenden todas aquellas variables que hacen referencia a la habitabilidad, los usuarios, los modos de uso, cambios de uso, entre otros.

Así, cada aspecto se compone por variables que se relacionan entre sí y, en algunos casos, existen relaciones de dependencia entre ellas. Es fundamental que puedan obtenerse durante toda la fase de uso de la vivienda, es decir entre los últimos 20 a 30 años. Esta pauta es un condicionante estructural al momento de la selección de las variables.

Además, en su mayoría, las variables seleccionadas son de carácter dinámico, es decir, que cambian durante la fase de uso. Al ser esta una investigación diacrónica, se espera que esta variabilidad analizada por un determinado período de tiempo enriquezca al trabajo.

De esta forma, las fuentes de obtención de los datos son primarias y secundarias y todas las variables son analizadas para el prototipo original (PO) como para el prototipo ampliado (PA). Se considera PA a la ampliación de la cual se disponen los planos de arquitectura.

### 2.2.1. VARIABLES DEL ASPECTO ARQUITECTURA

Las variables del aspecto arquitectura son seis:

*Superficie (m<sup>2</sup> y %):* se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Se detalla la superficie cubierta y semicubierta y cuando corresponde se identifica si la misma se encuentra en planta baja o planta alta. También se detalla el crecimiento en forma porcentual.

*Orientación:* se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Se detalla la orientación de la fachada principal.

*Ubicación en la parcela:* se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura y se corrobora con las imágenes satelitales). Se define si se encuentra aislada o pareada, hacia uno o los dos lados y en qué orientación.

*Factor de Ocupación del Terreno (FOT):* se obtiene de una fuente secundaria, es decir, se calcula en base a los datos de los planos de arquitectura. Indica la relación de la superficie edificable y la superficie total de la parcela (Gonzalez, 2019). También se especifica el crecimiento en forma porcentual. Las decisiones de diseño urbano, particularmente, el tamaño y orientación del terreno no pueden modificarse una vez implantadas y construidas las viviendas, por lo que estas pautas generan grandes impactos energéticos a largo plazo y deben ser particularmente estudiados (Schiller, 2020).

*Año de ampliación:* se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura), sin embargo, es primordial corroborar estas fechas con las imágenes satelitales, ya que en muchos casos no coinciden las fechas de la habilitación de los planos y la construcción de la vivienda. Asimismo, se especifica la diferencia de años entre la construcción y la ampliación. También se describe la cantidad de ampliaciones y el año en que ocurrió cada una.

*Tipología:* se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Especifica la tipología arquitectónica del prototipo y se realiza una caracterización según el barrio.

### 2.2.2. VARIABLES DEL ASPECTO ENVOLVENTE

La selección de las variables del aspecto envolvente se fundamenta en dos análisis teóricos. El primero de ellos se puede observar en Michaux et al. (2024) donde se analizan 73 normativas sobre la evaluación energética de la vivienda perteneciente a 31 países. En el segundo análisis se estudian las normativas de evaluación de la envolvente residencial, comprendidas por 29 normativas pertenecientes a 25 países (Michaux et al., 2023). Estos estudios permiten detectar cuales son los indicadores representativos para el análisis y evaluación de la envolvente y la arquitectura.

Las variables son siete y se obtienen de una fuente secundaria, es decir, se construyen con los datos recopilados de los planos de arquitectura. El proceso de elaboración parte de obtener los planos de arquitectura del PO y el PA en formato digital (fotos y videos). Primeramente, se dibujan en AutoCAD 2024 (Autodesk, 2024) las plantas de las viviendas, en su estado original y ampliado. Seguidamente, se exportan a Sketchup 2022 (Trimble,

2024) dichas representaciones y con los planos de arquitectura y estructura presentes en la documentación obtenida de DPDU, se modelan las viviendas en tres dimensiones (3D). Esto simplifica la tarea de obtener los datos base, ya que, en Sketchup es posible seleccionar las superficies y el software indica los  $m^2$  correspondientes a la selección, lo cual agiliza la tarea y al ser automática, se disminuyen las posibilidades de error. Este mismo procedimiento se utiliza para la obtención del volumen. Los datos arrojados se ordenan en una planilla Excel donde, de forma automatizada, se obtienen los datos para las viviendas en estado original y ampliado.

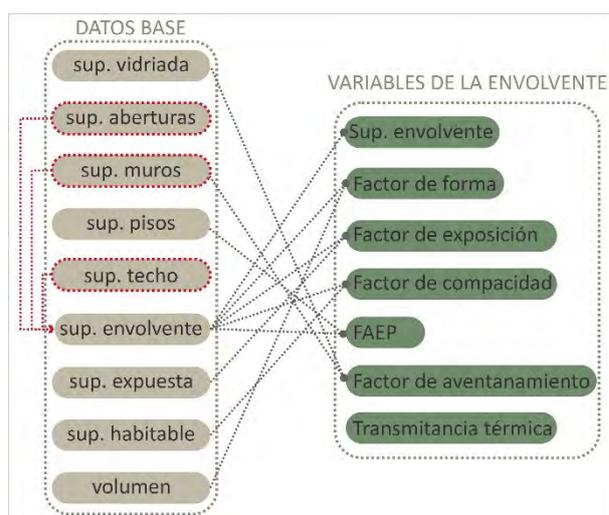


Figura 12. Datos base y variables del aspecto envolvente. Fuente: elaboración propia, 2023.

**Envolvente ( $m^2$ ):** Es el cerramiento opaco y transparente del edificio y no incluye el piso en contacto con el suelo (IRAM, 2017). Para obtener la envolvente, se realizó la sumatoria de la superficie de muros, de techos y de aberturas (Figura 12).

**Factor de Forma (FF) ( $m^2/m^3$ ):** Se obtiene de dividir la superficie de la envolvente en el volumen (Solís Recéndez, 2010). Mientras mayor es el FF (para idéntico volumen habitable), mayor tiende a ser la demanda de energía para climatización de la vivienda (Guevara Garrido, 2015). El menor FF se logra en viviendas continuas, pareadas o que comparten medianeras, ya que en estos casos disminuyen las pérdidas de calor en la envolvente (Secretaría de Vivienda, 2019).

En edificios poco compactos el FF es elevado, poseen mayor área de envolvente y mayores pérdidas energéticas, por el contrario, edificios muy compactos tienen un bajo FF y menor área de envolvente. Al crecer el FF en viviendas más abiertas, con mayor extensión de la envolvente, aumentan las temperaturas medias radiantes interiores debido al aumento

de superficie receptora. Según Mendieta Melchor (2002), en climas fríos es conveniente un FF entre 0,5 y 0,8, mientras que para climas cálidos convienen valores mayores, superiores a 1,2. Este factor se utiliza en la evaluación de calidad térmica edilicia de edificios expuestos a distintas condiciones climáticas (Czajkowski y Gómez, 2002).

*Factor de Exposición (FE) ( $m^2/m^2$ ):* Se obtiene de dividir la superficie expuesta en la superficie de la envolvente (Solís Recéndez, 2010). En este caso se trabajó con imágenes satelitales actualizadas, donde fue posible observar que cantidad de superficie de la envolvente se encuentra expuesta al exterior.

*Factor de Compacidad (FC) ( $m^2/m^2$ ):* Se obtiene de dividir la superficie habitable en la superficie de la envolvente (Solís Recéndez, 2010). A mayor compacidad del edificio menores pérdidas de calor con el exterior (IRAM, 2001). Para obtener el FC se toma como referencia el trabajo de Czajkowski y Gómez (2002), donde se considera un Co máximo como patrón para comparar compacidades.

*Factor Área Envolvente Piso (FAEP) ( $m^2/m^2$ ):* Se obtiene de dividir la superficie de la envolvente en la superficie del piso. Mientras más eficiente sea la forma, menor será el FAEP y, por lo tanto, se incurrirá en menor área de envolvente para cubrir una superficie de piso determinada (Baserga, 2022). Con base en Esteves y Gelardi (2013), un edificio energéticamente eficiente será el que posea un FAEP con valor de 2 o menos, esto es 2  $m^2$  de superficie de envolvente por cada  $m^2$  de superficie cubierta. Cuanto más próximo a 2 sea el FAEP menor será la superficie de envolvente, menores los costos de construcción y menor será la superficie de intercambio del edificio con el exterior.

*Factor de Aventanamiento (FA) ( $m^2/m^2$ ):* Se obtiene de dividir la superficie vidriada en la superficie opaca. Esta proporción entre superficies de diferentes materiales constructivos es clave en el rendimiento energético de los edificios, en el funcionamiento del sistema de iluminación, climatización, ventilación y en el confort de los habitantes (LETI, 2020). Entre los factores que influyen en el FA se encuentra el clima, la orientación, el aislamiento, la función del edificio y la intención del diseño. Al lograr el equilibrio adecuado, los edificios pueden beneficiarse de un menor consumo de energía, mejores niveles de confort, una mejor estética y un futuro sostenible (Ruihua et al., 2023).

*Transmitancia Térmica ( $W/m^2K$ ):* Es el cociente entre el flujo de calor en régimen estacionario y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema. Para obtener la transmitancia térmica ( $W/m^2K$ ) se siguió el

procedimiento detallado en la Norma IRAM 11601 (IRAM, 2002a). También se realizó la comparación con el K máx. admisible para Zona III según los valores obtenidos de Norma IRAM 11605 (2002b).

### 2.2.3. VARIABLES DEL ASPECTO ENERGÍA

A diferencia de las demandas estimadas, los consumos energéticos reales proporcionan una visión precisa y basada en evidencia del comportamiento energético de los edificios. Esto no sólo permite validar modelos teóricos con datos empíricos, sino también identificar patrones de consumo influenciados por características arquitectónicas específicas que tienen un impacto significativo en el consumo energético. Por lo tanto, este enfoque permitirá desarrollar estrategias de EE más efectivas y basadas en la realidad observada (Nazeriye et al., 2021; Rafsanjani, 2016).

Las variables del aspecto energía son el consumo energético anual, el consumo energético por m<sup>2</sup> y el consumo energético por habitante. Estas variables se obtienen a partir de una fuente secundaria, es decir, se construyen con los datos existentes.

Para el consumo energético anual se precisan datos de consumo proporcionados por las distribuidoras de energía eléctrica y de gas, siendo estas Energía San Juan y Ecogas, respectivamente. Mientras que, para el caso del consumo energético por m<sup>2</sup> se utilizó, además, la información de los planos de arquitectura. Para el consumo energético por persona, que involucra la cantidad de habitantes, se realizó una encuesta estructurada con preguntas del tipo cerradas, de la cual se obtiene el dato de la cantidad de personas que habitan la vivienda desde la entrega hasta la primera ampliación, de la primera ampliación a la segunda y así sucesivamente (Figura 13). En particular, la encuesta se realiza en todas las viviendas que componen la muestra, de manera presencial. En caso de no poder obtener datos, se vuelve a las viviendas faltantes hasta conseguir una tasa de respuesta mínima del 50%, lo cual se considera aceptable (Guest Contributor, 2023).





**ENCUESTA PARA USUARIOS DE LAS VIVIENDAS QUE INTEGRAN LA MUESTRA DE LA TESIS DOCTORAL**

Fecha: / /      Vivienda N°:      Nomenclatura:

**¿Cuántas personas han habitado la vivienda desde el inicio de la fase de uso a la actualidad?**

Período	Mayores	Menores
Desde la entrega hasta la 1ª ampliación		
Desde la 1ª ampliación a la 2ª		
Desde la 2ª ampliación a la 3ª		

Observaciones:

---

Nombre de la encuestadora: \*\*\*\*\*  
 Lugar de Trabajo: \*\*\*\*\*  
 Teléfono laboral: \*\*\*\*\*  
 Denominación de Tesis Doctoral: \*\*\*\*\*

  
**SCAN ME**

Figura 13. Encuesta sobre los habitantes durante la fase de uso. Fuente: elaboración propia, 2023.

De esta manera, cada variable del aspecto energía queda definida tal como se describe a continuación.

*Consumo energético anual (kWh/año):* Es el consumo total de energía al año. Se obtiene de sumar los datos de consumo eléctrico y consumo de gas. Esta variable resulta importante al vincularse con otros aspectos como patologías de la construcción, falta de aislaciones térmicas en la envolvente, mal comportamiento de uso por parte de los usuarios, entre otros (Flores Larsen y Filippín, 2021).

*Consumo energético/m<sup>2</sup> (kWh/m<sup>2</sup>año):* Es el consumo energético por unidad de superficie. El monitoreo y gestión del consumo energético por m<sup>2</sup> es fundamental para lograr edificaciones sostenibles y reducir la huella ambiental asociada al uso de la energía. Esta variable puede modificarse significativamente según diversos factores, como la ubicación geográfica, el tamaño y diseño de la vivienda, los materiales de construcción, los sistemas de climatización utilizados, las prácticas de los habitantes, entre otros.

En muchos países de la UE, desde hace varios años, se han impulsado programas de EE en edificios que han logrado bajar el consumo de viviendas familiares a un promedio de 150 kWh/m<sup>2</sup>año. Por ejemplo, Francia establece una media de 50 kWh/m<sup>2</sup>, Austria propone para edificios residenciales 65 kWh/m<sup>2</sup>, Rumanía exige una disminución del consumo de energía de 180-240 kWh/m<sup>2</sup> a menos de 100 kWh/m<sup>2</sup> y Suecia propone para sus viviendas un consumo promedio de 100 kWh/m<sup>2</sup> (BPIE, 2011; IEA, 2022b).

En Argentina existen diversas investigaciones que detallan valores específicos de consumos residenciales promedios por m<sup>2</sup> para las diferentes zonas climáticas del país. Para San Juan, Blasco Lucas et al. (2000) muestra valores de entre 59 y 96 kWh/ m<sup>2</sup> año, mientras que Filippín et al. (2007, 1995) detalla para La Pampa consumos entre 190 y 403 kWh/m<sup>2</sup> año y Flores-Larsen y Filippín (2021), consumos eléctricos promedios de 60 kWh/m<sup>2</sup> año. En Buenos Aires, Díaz y Czajkowski (2008) presentan valores entre 139 y 196 kWh/m<sup>2</sup> año.

*Consumo energético/habitante (kWh/hab. año):* Es el consumo energético por habitante por año. En Argentina, según los últimos datos disponibles del año 2022, el consumo de energía eléctrica por habitante es aproximadamente de 2794 kWh/hab.año. En base a datos de 188 países este valor nacional supera levemente al promedio mundial de 2523 kWh/hab.año (Datosmacro, 2024), encontrándose también sobre el promedio de América Latina (Figura 14).

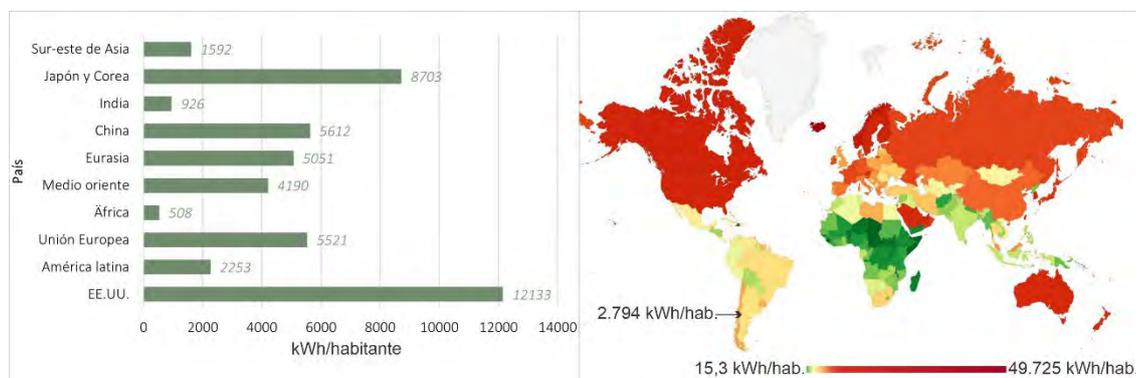


Figura 14. Demanda de electricidad por habitante para el año 2022. Fuente: elaboración propia en base a IEA (2023b) y Datosmacro (2023).

#### 2.2.4. VARIABLES DEL ASPECTO USO

Las variables son seis y se obtienen de una fuente primaria, es decir, de las encuestas y de los planos de arquitectura de forma directa.

*Habitantes:* se detalla la cantidad de personas que viven en la vivienda desde la entrega a la actualidad. Estos datos se obtienen de las encuestas estructuradas realizadas a los habitantes (Figura 13). Asimismo, se realiza un análisis de los niveles de hacinamiento pre y post ampliación en base al indicador especificado por el INDEC (2021).

*Superficie habitable/persona:* se calcula mediante la superficie habitable y la cantidad de habitantes y se compara con valores de referencia internacionales especificados por la

ONU. Además, se contrasta con el valor orientativo propuesto por la Norma IRAM 11659 (2004), la cual establece para viviendas 12 m<sup>2</sup> por persona.

*Cambio de usos:* se especifican las viviendas que incorporan un uso no previsto en el PO o que cambian el uso de un espacio por otro no previsto originalmente.

*Espacios de dormitorio incorporados (m<sup>2</sup> y %):* se definen las viviendas que añaden dormitorios y espacios de descanso nocturno en sus ampliaciones. También se especifica esta incorporación en forma porcentual.

*Espacios de estar-comedor incorporados (m<sup>2</sup> y %):* se detallan las viviendas que agregan espacios de estar y de comedor en sus ampliaciones. También se especifica esta incorporación en forma porcentual.

*Nuevos usos:* esta variable da cuenta sobre la variabilidad de usos en la vivienda, focalizando en cuatro usos particulares: 1-Balcón y/o terraza: se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Detalla en aquellas viviendas con planta alta la existencia de balcón y/o terraza accesible, 2-Patio interno: se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Se analiza la incorporación de patios de servicio en el interior de la vivienda, 3-Cochera: se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Especifica las viviendas que agregan espacio de guardado para automóviles, ya sea cubierto o semicubierto, 4-Depósito: se obtiene de una fuente primaria (los planos de arquitectura). Detalla la existencia de construcciones nuevas separadas del PO, generalmente al final del terreno, utilizadas como depósito o espacio de guardado.

### 2.3 EVOLUCIÓN DIACRÓNICA DE LA VIVIENDA

Este apartado tiene como objetivo comprender cómo evoluciona y se desarrolla la vivienda IPV con base en los cuatro aspectos descritos. Para esto, una vez obtenidos los datos y luego de su análisis e interpretación se plantea responder a cuatro cuestionamientos estructurales:

- ¿Cómo se desarrolla la vivienda IPV en términos de diseño arquitectónico, durante la fase de uso?
- ¿Cómo se transforma la envolvente según variables tecnológico-constructivas en la vivienda IPV, durante la fase de uso?

- ¿Cómo han evolucionado, mediante variables energéticas, las viviendas IPV y sus procesos de crecimiento en el AMSJ?
- ¿Cómo ha sido el desarrollo de la vivienda IPV en términos de factor de uso?
- Estos interrogantes buscan reconocer el comportamiento general de la vivienda, en distintos cortes temporales. No obstante, de forma secundaria y en particular, se debe poder describir:
  - El análisis de cada variable, ¿qué información otorga sobre la vivienda IPV?
  - Según el estudio de cada variable, ¿cómo se transforma la vivienda IPV?
  - ¿Qué variables han resultado significativas y cuáles no?
  - ¿Qué variables podrían incorporarse y cuáles eliminarse?

Para responder a estas preguntas se realiza un análisis comparativo (del PO y el PA) con los datos de cada variable. Este análisis se desarrolla en planillas Excel y se recurre a gráficos que sinteticen el proceso de crecimiento que se busca deducir. Adicionalmente, se aplican técnicas de análisis estadístico univariado (técnicas de tendencia central, de dispersión, de posición relativa y de forma). Esto permite interpretar los datos y comprender el proceso de cambio que ha realizado la vivienda.

Este apartado funciona como filtro para la etapa siguiente, ya que todas las variables que se consideren representativas y significativas serán analizadas en la sección consecutiva de análisis estadístico.

## 2.4. 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, el cual es gratuito para gráficos y computación estadística. 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).

### 2.4.1. MODELOS DE CLÚSTER

Con el objetivo de identificar las viviendas que han ampliado de manera óptima se realiza un MC sobre los casos de estudio definidos en el punto 2.1. Mediante este análisis estadístico es posible distinguir y agrupar las viviendas en función de sus datos de crecimiento de acuerdo con los cuatro aspectos analizados y, por ejemplo, diferenciar entre viviendas ampliadas de manera óptima, media y regular.

El MC es un método exploratorio de agrupamiento, donde se reúnen elementos similares en categorías que comparten ciertas propiedades. La clasificación se desarrolla principalmente como un método para organizar grandes cantidades de datos y describir patrones de similitud y disimilitud (Caballao Gallestey, 2023).

Los datos se agrupan de tal manera que se maximiza la homogeneidad dentro de los grupos y la heterogeneidad entre los grupos. Los algoritmos de agrupamiento llevan a cabo la tarea de etiquetar entradas de datos sin etiquetar, lo que ayuda en la interpretación de datos y a establecer patrones con fines predictivos.

Para construir los MC en R se siguen los siguientes pasos: selección de las variables a utilizar para agrupar los datos, elección de las medidas adecuadas de proximidad entre las diferentes observaciones y la creación de clústeres.

Es recomendable organizar en una hoja de cálculo las variables que se tendrán en cuenta en el análisis, indicando su valor óptimo y la fuente de información de donde proviene el dato, ya que el mismo varía según el contexto climático, geográfico, etcétera. De esta manera, serán consideradas viviendas ampliadas de forma óptima aquellas donde los valores de cada variable sean menores a los valores óptimos indicados.

### 2.4.2. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

El MRLM es generalmente utilizado para explicar un fenómeno, predecir eventos futuros, resolver errores y proporcionar nuevos conocimientos. En el contexto de la presente investigación se hizo uso de MRLM para determinar cuáles son las variables más importantes en el proceso de crecimiento de la vivienda, así como cuáles han tenido mayor inferencia en los consumos energéticos y en qué medida.

El MRLM prueba la relación entre una variable dependiente (VD), también llamada de respuesta, frente a variables independientes (VI) o predictoras. Por lo general, las variables dependientes cambian con las variables independientes y el MRLM intenta

responder qué factores son más importantes para ese cambio (IBM, 2023). En el marco de esta investigación se realizan 3 modelos, según los tres clústeres creados. El proceso para desarrollar los MRLM y alcanzar los resultados se describe a continuación.

Para poder determinar qué impacto tiene en el modelo cada variable, se emplean procedimientos para normalizar los datos, estandarizando los mismos previo al ajuste del modelo. Según Amat (2016), el mejor modelo es aquel capaz de explicar con mayor precisión la variabilidad observada en la variable respuesta, empleando el menor número de predictores, conocido también como efecto de parsimonia.

En los MRLM los predictores deben ser independientes, esto es, no debe haber colinealidad entre ellos. Esto ocurre cuando un predictor está linealmente relacionado con uno o varios de los otros predictores o cuando es la combinación lineal de ellos. Como consecuencia de la colinealidad, no se puede identificar de forma precisa el efecto individual que tiene cada una de las variables colineales sobre la variable respuesta. Para descartar esto, se calcula una matriz de correlación en la que se estudia la relación lineal entre cada par de predictores y en caso de encontrar colinealidad entre predictores, se excluye uno de los predictores problemáticos intentando conservar el más influyente en la variable respuesta (Amat, 2016a).

Siguiendo los lineamientos teóricos descritos se debe realizar un modelo bivariado para descartar colinealidad entre variables y evitar la parsimonia. Para ello, se procede a detectar la presencia de valores atípicos, los cuales son observaciones inconsistentes con el resto de los datos y pueden sesgar las estimaciones del modelo. La presencia de valores atípicos influye en el resultado del análisis, malinterpretando los patrones en las gráficas y afectando la resolución visual de los datos (Arimie et al., 2020). Para esto en el software R, se utiliza el paquete “performance” el cual posibilita calcular índices de calidad del modelo y la bondad de ajuste (Lüdecke, 2021).

Seguidamente, se normalizan las variables de análisis con el fin de ajustar los valores medidos en diferentes escalas respecto a una escala común y comprender la relación entre varias variables predictoras y una variable de respuesta encontrando cuánto de cada variable contribuye por igual al análisis. Esto no es posible identificarlo cuando las variables se miden en diferentes escalas (STATOLOGOS, 2023).

Además, se utiliza el enfoque del valor de p-value para evaluar si el modelo es significativo considerando que, si el valor es mayor a 0,05 indica que no hay asociación entre variables

analizadas y que, por el contrario, cuando el valor es menor a 0,05 indica que los resultados obtenidos no son por azar.

También se calcula el coeficiente que indica el tipo de correlación entre variables  $r^2$ . Los valores del coeficiente varían entre -1 y 1, donde un valor negativo de  $r$  significa que la relación entre las variables es inversamente proporcional, mientras que, un valor positivo de  $r$  significa que la relación entre las variables es directamente proporcional. De igual manera, un valor cercano a 0, indica que la relación entre las variables es casi nula y un valor cercano a 1 en magnitud significa que la relación entre las variables es fuertemente lineal (Hernández López y Jimenez García, 2016).

Para interpretar la fuerza de la correlación entre dos variables existen diversos criterios en la literatura. Por ejemplo, Cohen (1988) indica que valores de  $r$  entre 0,1 y 0,3 representan un efecto pequeño de correlación, mientras que, entre 0,3 y 0,5 indican un efecto medio y valores mayores a 0,5 un efecto de correlación mayor. Según Ramirez (2017), los valores entre 0,25 y 0,5 representan correlación positiva débil, entre 0,50 y 0,75 correlación positiva moderada, entre 0,75 y 1 correlación positiva fuerte y para 1 correlación positiva perfecta. Mientras que para valores negativos se considera la misma escala. Sin embargo, esto son valores arbitrarios de guía y se recomienda interpretar la fuerza de la correlación según el contexto de cada investigación (Ferrero, 2019).

## 2.5. LINEAMIENTOS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE

En esta fase de la metodología se presentan los lineamientos arquitectónicos y tecnológico-constructivos eficientes desde el punto de vista energético que pueden ser aplicados sobre prototipos IPV y en la elaboración de pautas integrales de crecimiento y ampliación residencial. Los lineamientos son elaborados a partir de pautas del autor y recomendaciones de normativas nacionales e internacionales en la temática. En esta tarea, se trabajó con cada variable de análisis proponiendo su valor óptimo, su forma de desarrollo adecuado, su intervalo idóneo, según sea el caso. Seguidamente, cada lineamiento de ampliación se agrupará para formar propuestas de ampliaciones según las características de cada clúster, según cada grupo de análisis (es decir, según la arquitectura, la envolvente, la energía y el uso) y según cada prototipo arquitectónico. Finalmente, son presentados a modo de recomendaciones y sugerencias.

## 2.6. APLICACIÓN DE LINEAMIENTOS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE

A modo de validación se aplican en función de la metodología elaborada, los lineamientos de ampliación eficiente sobre un prototipo de vivienda IPV representativo del clúster de ampliación regular. Luego se contrastan los resultados obtenidos de la ampliación eficiente con los resultados reales de consumo obtenidos de las boletas de energía. El proceso es el siguiente:

1. Selección de una vivienda de la muestra que según la clasificación del clúster no posea una ampliación eficiente.
2. Simulación del PO de la vivienda seleccionada en el software Energy Plus. En este paso se obtiene la Simulación Base (SB).
3. Aplicación a la SB de los lineamientos de ampliación eficiente y obtención de los valores de consumo energético para la ampliación eficiente. Este modelo es calibrado con la base de datos climática, los habitantes, el equipamiento, horarios de uso y consumos de energía registrados en la vivienda. En este paso se obtiene Simulación Eficiente (SE).
4. Comparación los consumos energéticos reales de la vivienda, como se encuentra ampliada a la actualidad, con la demanda energética obtenida de la SE.

### 2.6.1. INTEGRACIÓN DE RESULTADOS A LAS VIVIENDAS DEL CLÚSTER

Seguidamente y de forma complementaria, se trasladan los ahorros obtenidos en la SE a las viviendas que pertenecen al mismo clúster. Para esto es necesario contar con la cantidad de barrios que componen el clúster y con la cantidad de viviendas ampliadas en cada barrio. Asimismo, los ahorros pueden trasladarse en el tiempo de forma retrospectiva, si se consideran los años que la vivienda lleva ampliada de forma ineficiente. Para esto es necesario disponer de los datos de construcción del barrio y el año de ampliación de cada vivienda. Para ello, se puede utilizar el promedio.

Lo explicitado es necesario para conocer las posibilidades de ahorro e identificar las oportunidades de mejora en cada agrupamiento residencial como conjunto. Además, este macro enfoque posibilita comprender en qué áreas centrarse para desarrollar mejoras de EE (Energy Sage Staff, 2023), replicar las iniciativas exitosas y modificar las menos efectivas (Palani, 2023). Los resultados implican un valioso aporte puesto que son

diversas las investigaciones que aplican los ahorros de casos particulares residenciales a la escala intermedia para cuantificar estos ahorros y determinar de forma colectiva el potencial beneficio económico y ambiental (Chinthavali et al., 2019; Earle et al., 2022; Lokeshgupta et al., 2023).

## 2.7. POTENCIALIDAD DE AHORRO

Considerando que los edificios residenciales consumen una gran parte de la energía primaria mundial y contribuyen en gran medida a las emisiones de CO<sub>2</sub>, se busca cuantificar su consumo y correspondiente ahorro energético para considerar soluciones efectivas para su reducción (Pica et al., 2022). El análisis integral del ahorro energético residencial es significativo para apoyar la mitigación del cambio climático, reducir los costos de energía e identificar diseños de políticas efectivas. Todo esto es conducente a una EE sostenible (M. Berretta et al., 2021).

En esta línea, Owolabi et al. (2023) analiza la energía ahorrada en kWh y en USD mediante mejoras en la envolvente residencial. Por su parte, Andor et al. (2021), consideran crucial estudiar el ahorro energético residencial ya que, con la implementación de pautas de EE, los mismos pueden lograr significativos ahorros de energía y monetario, lo que contribuye a un futuro más sostenible, reduciendo su huella de carbono.

En este contexto, el potencial ahorro debido a la ampliación eficiente presentada en esta tesis se evaluó mediante tres aspectos; el ahorro energético, el ahorro ambiental (en emisiones de CO<sub>2</sub>) y el ahorro económico. En este sentido, a nivel metodológico se tiene la fase de cálculo de ahorros considerando como base de este la determinación simple y correcta del ahorro energético teniendo en cuenta los escenarios SB y SE donde luego se infirieran los ahorros restantes.

### 2.7.1. 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 m<sup>2</sup>. Para ello, se determina el consumo energético anual por m<sup>2</sup> 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 m<sup>2</sup> de la vivienda con crecimiento eficiente.

### 2.7.2. 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<sub>2</sub>eq/kWh. Para obtener el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> 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 (Naciones Unidas, 2018b). Para Argentina el factor de emisión es de 0,46 t CO<sub>2</sub>/MWh (Secretaría de Energía, 2023). También se obtiene el ahorro en t CO<sub>2</sub>eq.

### 2.7.3. 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 tres categorías: T1) pequeñas demandas, T2) medianas demandas y T3) grandes demandas. Generalmente, los usos residenciales se enmarcan en la categoría T1-R (pequeñas demandas de uso residencial). Consecutivamente, para cada categoría existen distintos parámetros tarifarios según el nivel de consumos bimestral (Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética, 2017). En este caso, la vivienda seleccionada pertenece al perfil T1-R3 Nivel 3, que corresponde a un consumo bimestral desde 651 kWh/bim. a 800 kWh/bim. Luego de determinar el perfil residencial se obtiene el costo del kWh (para abril de 2024, es de 41,14 \$/kWh) y consecutivamente, este valor se transforma a dólares<sup>3</sup>. Por tanto, en base a la energía ahorrada, es posible obtener su equivalente es US\$ anuales.

Se espera que la metodología desarrollada proporcione un marco de referencia y pautas para que otros investigadores definan y aborden la variabilidad residencial. Para garantizar un uso óptimo de tiempo y recursos, el proceso metodológico se ha descrito con el mayor detalle posible (Figura 15). Además, para avalar que los hallazgos y resultados de la metodología sean válidos, confiables, libres de sesgos y errores, en los capítulos siguientes se aplica a 24 casos de estudio.

---

<sup>3</sup> Se considera un valor de dólar oficial de \$870 para abril del año 2024

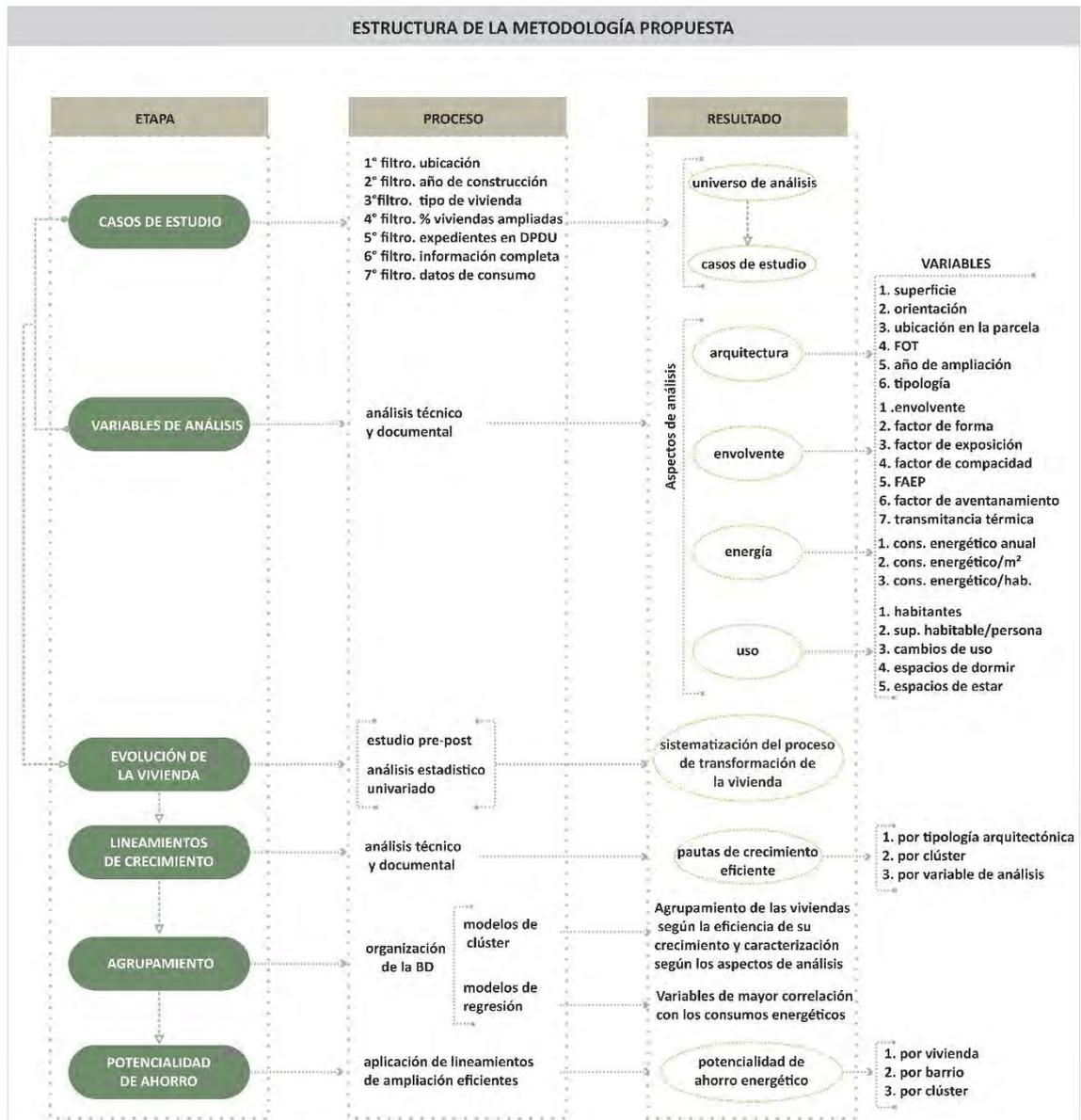


Figura 15. Estructura de la metodología propuesta. Fuente: elaboración propia, 2024.



# 03

---

## ANÁLISIS DIACRÓNICO DE LA VIVIENDA



## SÍNTESIS

El presente Capítulo tiene por objetivo realizar el análisis diacrónico de la vivienda IPV. Para ello, se estructura el mismo en cinco apartados. En el primero se detalla la selección del universo de análisis y de las viviendas IPV que conformarán la muestra.

En los cuatro siguientes se realiza el estudio de la evolución de la vivienda en base a las variables de la Arquitectura, Envolverte, Energía y Uso, con un total de 22 variables. En cada caso se describe la situación original de la vivienda y su modificación al estado post ampliación.

Además, los datos obtenidos de cada variable son interpretados con técnicas de análisis estadístico univariado (técnicas de tendencia central, de dispersión, de posición relativa y de forma). De esta forma es posible comprender las transformaciones que ha realizado la vivienda. Para terminar el capítulo, se sintetiza el proceso de evolución de la vivienda IPV desde una mirada integradora y se destacan aquellas variables que aportan a la caracterización de la evolución de la vivienda.

### 3.1 SELECCIÓN Y PRESENTACIÓN DE LOS CASOS DE ESTUDIO

A continuación, se describen los procesos que permiten definir el universo de análisis, las unidades de análisis y los casos de estudio.

#### 3.1.1 UNIVERSO DE ANÁLISIS

Debido al contexto histórico y sísmico que caracteriza a la provincia, las viviendas construidas por el IPV representan la mitad del total de residencias en San Juan. Particularmente, en el AMSJ se localizan gran cantidad de barrios IPV, los cuales comprenden aproximadamente 45.000 viviendas. Dichas viviendas, en su estado original, representaban en promedio, una superficie construida de 3.150.000 m<sup>2</sup>.

En primer lugar, del total de barrios construidos por el IPV en la provincia (Figura 16), se seleccionan aquellos ubicados dentro del AMSJ (filtro N°1) y construidos entre 1990 y 2000 (filtro N°2), teniendo estos entre 20 y 30 años de uso en la actualidad y transcurrido su vida útil mínima. También se descartan aquellos barrios de vivienda colectiva en altura, tipo monoblock, ya que en esta configuración arquitectónica no se han efectuado crecimientos (filtro N°3). Luego de aplicar estos 3 filtros se identifican los 20 barrios con 3.790 viviendas que cumplen estas condiciones (Tabla 5).

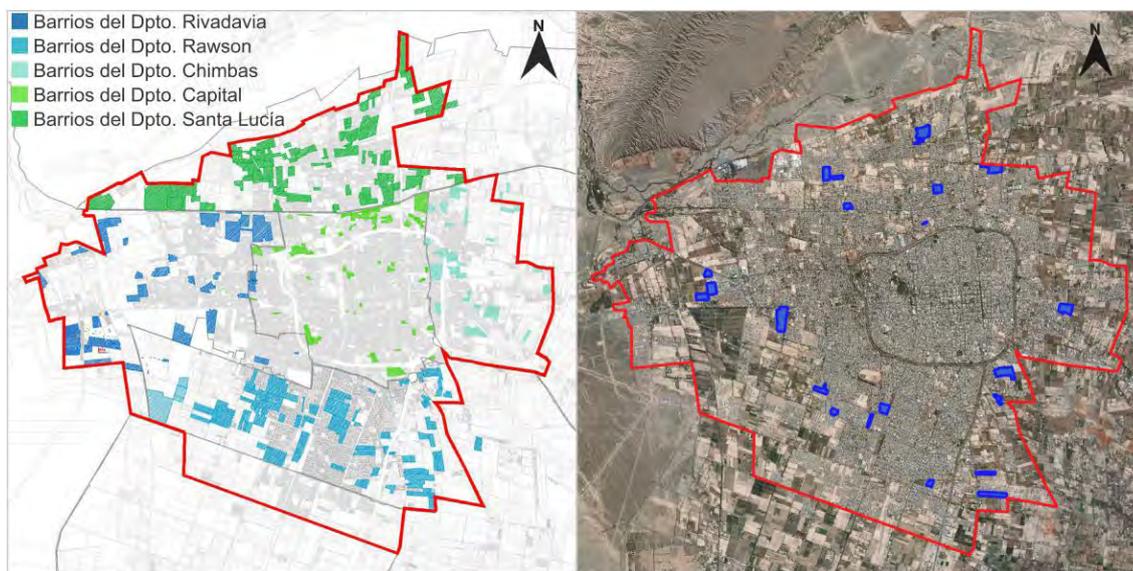


Figura 16. Barrios del AMSJ construidos por el IPV (izq.) y barrios que cumplen con los tres primeros filtros. (der.). Fuente: elaboración propia en base a información de UNIDE, 2020.

N°	Departamento	Barrio	Año de construcción	Cantidad de viviendas
1	Santa Lucía	Municipal de Santa Lucía	2000	289
2	Pocito	Ceramistas- Sector I	1997	168

3	Rivadavia	20 de noviembre	1996	96
4	Rivadavia	CESAP- B° Jardín Policial	1995	749
5	Rivadavia	CGT Rivadavia	1993	389
6	Rawson	Pablo Rojas	1993	106
7	Rawson	Cruz del Sur (UPCN)	1997	82
8	Rawson	Virgen de Fátima	2000	107
9	Rawson	24 de noviembre	1997	72
10	Rawson	Padre J. Fanzolato	1997	249
11	Rawson	Procesa Sarmiento- Sector I	1998	62
12	Rawson	Procesa Sarmiento- Sector II	2000	54
13	Rawson	Procesa Sarmiento- Sector III	2000	40
14	Rawson	CGT Rawson	1994	337
15	Chimbas	CGT Chimbas	1993	212
16	Chimbas	Luz y Fuerza Sector II	1990	66
17	Chimbas	Luz y Fuerza Sector III	1991	41
18	Chimbas	René Favalaro	2000	210
19	Chimbas	Virgen de Andacollo Sector I	1995	377
20	Chimbas	Virgen de Andacollo Sector VII	1996	84

*Tabla 5. Barrios que cumplen con los tres primeros filtros. Fuente: elaboración propia en base a información de IPV y UNIDE, 2021.*

Al momento de proyectarse, estos 20 barrios representaban una superficie construida de, aproximadamente, 186.000 m<sup>2</sup> de uso residencial, estimando una demanda energética de 12.900.000 kWh.año. según los parámetros de ADEERA (2023).

Seguidamente, se realizó un relevamiento de las viviendas ampliadas con imágenes de Google Maps y Google Earth en el software libre QGIS versión 3.2 (QGIS Org, 2023) (filtro N°4). Del total de viviendas identificadas (3.790 viviendas) se obtuvo que el 90% creció (3.410 viviendas), mientras que solo el 10% mantienen el PO. En la Figura 17 se registra el porcentaje de viviendas ampliadas por barrio relevado, donde se observa que, en 3 barrios, el porcentaje representa entre el 70% y 80%, en 9 barrios entre el 81 y 90% y en los restantes 8 barrios el porcentaje es mayor al 91%.

Los barrios con mayor cantidad de viviendas ampliadas (más del 90%) se encuentran tanto en Chimbas como en Rawson, seguidos por Rivadavia. Esto coincide, lógicamente, con la antigüedad de éstos ya que la mayoría lleva entre 28 y 33 años de construidos.

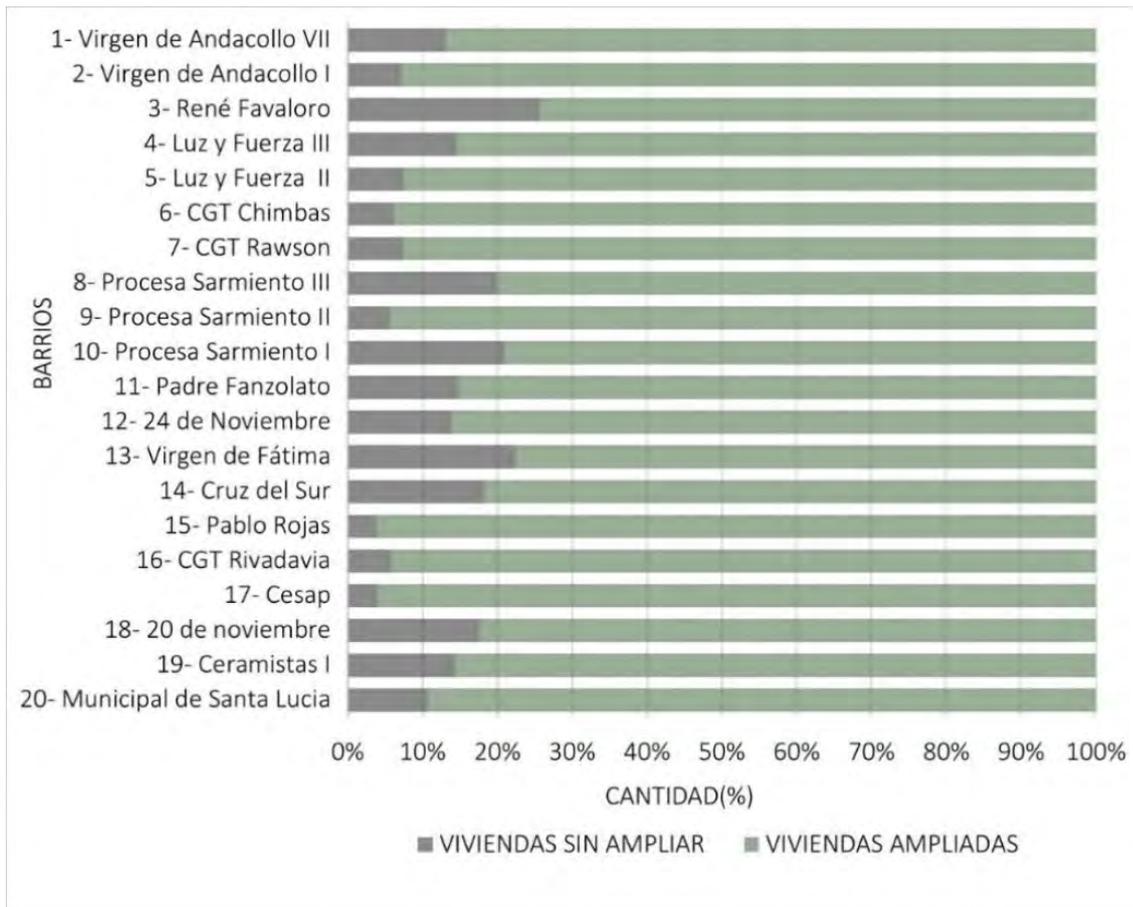


Figura 17. Cantidad de viviendas ampliadas y sin ampliar. Fuente: elaboración propia en base a Google Maps y Google Earth, 2021.

El filtro N°5 se basa en buscar en DPDU las 3.410 viviendas mediante su nomenclatura catastral para detectar aquellas que realizan los procesos de crecimiento de forma oficial, por medio de presentación de planos de arquitectura y estructura. Disponer de los planos de las ampliaciones realizadas resulta primordial en esta fase, ya que la información contenida en ellos permitirá generar datos que posteriormente serán comparados con el PO.

Al realizar esta búsqueda, el número de viviendas se redujo considerablemente a 71. Es decir, del total de 3.410 viviendas ampliadas, solo el 2% realizó las obras constructivas dentro del marco del código de edificación de la provincia. Este reducido porcentaje de viviendas efectuó la aprobación de anteproyecto, luego de proyecto arquitectónico y finalmente, superó las inspecciones técnicas durante la ejecución de la vivienda obteniendo el certificado final de obra.

La aplicación del filtro N°6 consiste en analizar los 71 expedientes encontrados. Al estudiarlos se observan diversas situaciones que disminuyen la cantidad. En primer lugar, 10 viviendas no disponen de planos de crecimiento en sus expedientes ya que el trámite realizado en DPDU fue por motivos ajenos a las ampliaciones o aprobaciones de planos (por ejemplo: solicitar línea de edificación o condicionantes urbanos). Seguidamente, 12 expedientes se encontraban extraviados, desconociendo en DPDU su destino. También se manifiestan casos donde los planos de viviendas ampliadas estaban incompletos y con información insuficiente para realizar la investigación. Por último, en 16 viviendas las ampliaciones realizadas no coincidían con las imágenes satelitales. Por las situaciones mencionadas, la cantidad de viviendas disminuyó a 33.

En el filtro N°7 mediante la dirección y nomenclatura catastral se solicitó a las empresas Energía San Juan y Ecogas, los consumos históricos de energía (desde que la vivienda comenzó a habitarse hasta la actualidad). Llegado este punto, desde las empresas que suministran energía se detecta que 9 viviendas, de las 33, no poseen consumos energéticos, lo que sugiere, en cierta forma, que han estado deshabitadas y quedan por fuera de la investigación por lo que el número de viviendas se reduce a 24.

Aplicados todos los filtros se concluye que el universo de estudio se compone por las 3.410 viviendas ampliadas (filtro N°4) de 20 barrios ubicados en el AMSJ (Figura 18).

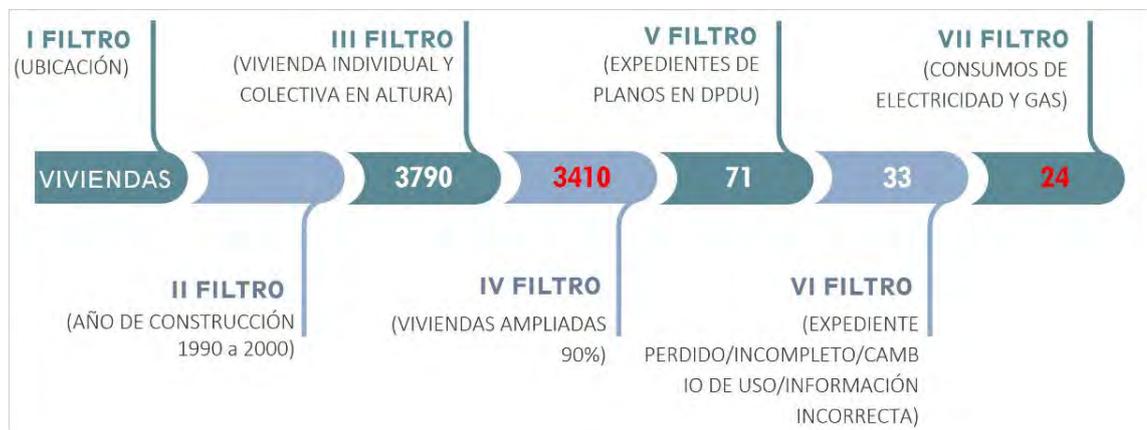


Figura 18. Proceso de filtrado para definición del universo y muestra. Fuente: elaboración propia, 2021.

### 3.1.2 UNIDADES DE ANÁLISIS

Como unidades de análisis se seleccionan a las viviendas individuales unifamiliares pertenecientes a barrios construidos por el IPV y ubicadas dentro del AMSJ, donde se concentra el 73% de la población (Malmod et al., 2023; UNIDE, 2020).

### 3.1.3 CASOS DE ESTUDIO

Por la naturaleza de la investigación, la selección de los casos de estudio se realizó según los criterios definidos en el proceso de filtrado. La técnica de selección y muestreo utilizada es el no probabilístico de casos tipo. Con base en lo desarrollado anteriormente, el tamaño de la muestra es de 24 viviendas (Figura 19) pertenecientes a 7 barrios del AMSJ (Figura 20).

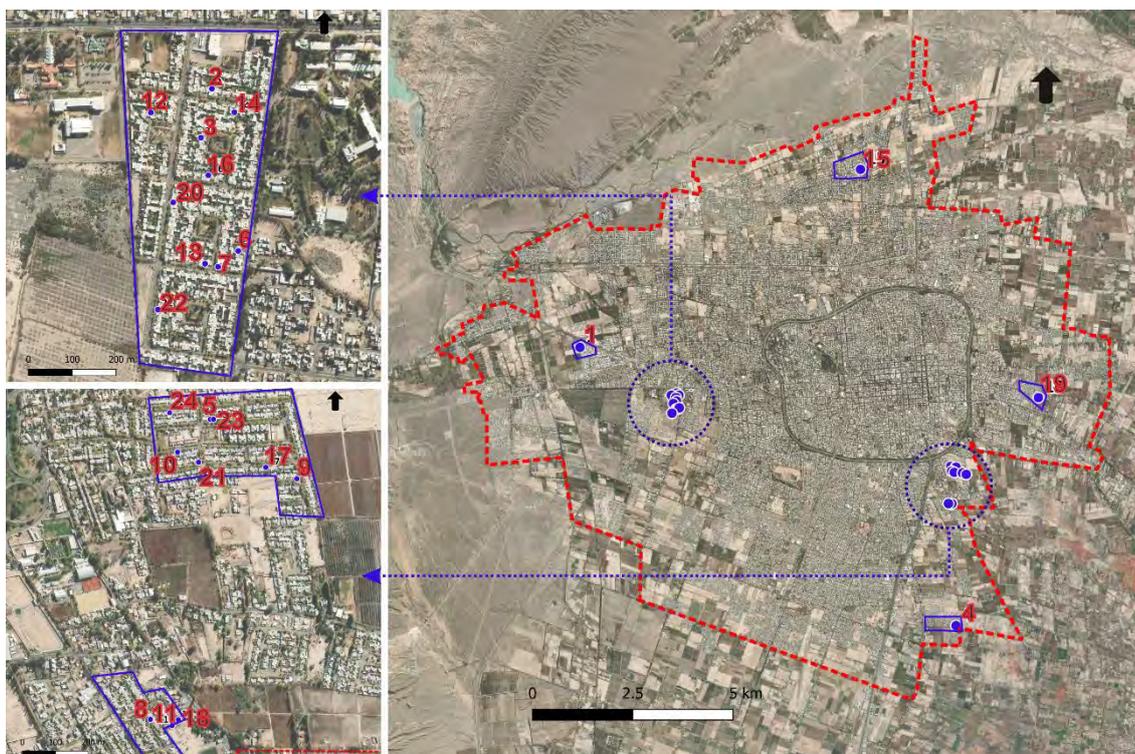


Figura 19. Representación de las 24 viviendas que componen la muestra. Fuente: elaboración propia, 2021.

Con la intención de presentar de forma resumida las viviendas de la muestra, se expone en Tabla 6 su nomenclatura, donde se observa que las viviendas son nombradas numéricamente en orden creciente, de manera aleatoria. Esto para lograr una identificación de rápida y fácil lectura. Adicionalmente se expone su barrio de pertenencia, su orientación, su superficie y cantidad de dormitorios originales. Un mayor detalle de la muestra se presenta en el Anexo 1, donde se detalla en formato de fichaje los 7 barrios y las 24 viviendas seleccionadas.

Designación de la vivienda	Barrio de pertenencia	Orientación de la fachada principal	Superficie del PO (m <sup>2</sup> )	Cantidad de dormitorios
1	20N	O	63,18	3
2	CP	S	58,41	3
3	CP	E	58,41	3
4	PJF	N	59,94	3
5	CGTRa1	S	59,27	3
6	CP	E	58,41	3
7	CP	O	58,41	3
8	PS	SO	44,2	2
9	CGTRa2	SE	45,32	2
10	CGTRa2	N	45,32	2
11	PS	E	44,2	2
12	CP	S	58,41	3
13	CP	S	58,41	3
14	CP	N	58,41	3
15	VA	S	57,8	3
16	CP	S	58,41	3
17	CGTRa2	N	45,32	2
18	PS	O	44,2	2
19	MSL	NO	62,745	3
20	CP	O	58,41	3
21	CGTRa2	SE	45,32	2
22	CP	O	58,41	3
23	CGTRa1	S	59,27	3
24	CGTRa1	N	59,27	3

Tabla 6. Designación de las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2024.

En este marco, los 7 barrios de la muestra (ver Figura 20 y Tabla 7), alcanzan un total de 1.752 viviendas IPV, que en términos de superficie construida representa 103.696 m<sup>2</sup>. Esta superficie construida representa aproximadamente al 3.3% del total de viviendas IPV del AMSJ.

Barrio	Nomenclatura	Cantidad de viviendas	Superficie del PO (m <sup>2</sup> )	Viviendas de la Muestra
20 de noviembre	20N	96	63,18	1
Cesap	CP	350	58,41	10
CGT Rawson- Prototipo 1 (3D)	CGTRa1	337	59,27	3
CGT Rawson- Prototipo 2 (2D)	CGTRa2		45,32	4
Municipal de Santa Lucia	MSL	289	62,7	1
Padre J. Fanzolato	PJF	249	59,9	1
Procesa Sarmiento	PS	54	44,2	3
Virgen de Andacollo	VA	377	57,8	1
Total		1.752	450,78	24

Tabla 7. Datos de los barrios de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.

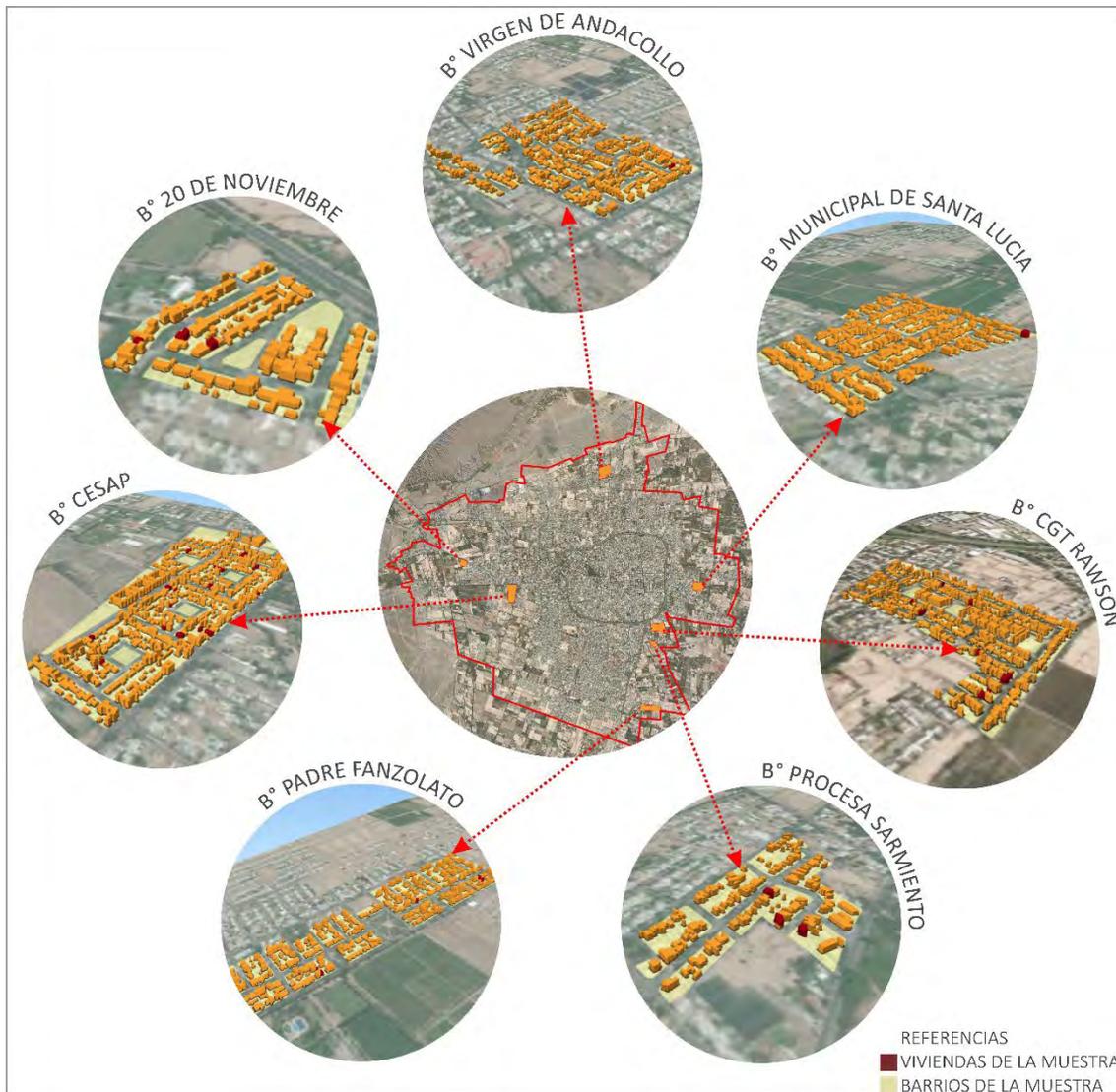


Figura 20. Barrio de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.

Seguidamente, se continúa con el análisis de las viviendas en base a los cuatro aspectos definidos inicialmente para conocer su evolución en el tiempo. Cada una de las variables involucradas en los cuatro aspectos, se va modificando en distintos momentos a lo largo del período de tiempo analizado.

Para esto, se elaboran las maquetas en 3D de las viviendas IPV en un paso previo a obtener los datos de la variabilidad. Primeramente, se obtienen fotografías de los expedientes en DPDU tanto del PO como del PA de las viviendas. Con estas imágenes se grafica en 2D la

planta, cortes y fachadas utilizando el software AutoCAD. Seguidamente con las gráficas en AutoCAD se digitalizan las viviendas en 3D en el software SketchUp.

En este proceso, con la finalidad de conservar la representatividad de las viviendas, se toman como apoyo los registros fotográficos obtenidos en el relevamiento a las viviendas, las imágenes satelitales en vista aérea de Google Maps y Google Earth y a las vistas peatonales de Street View de Google Maps (Figura 21).

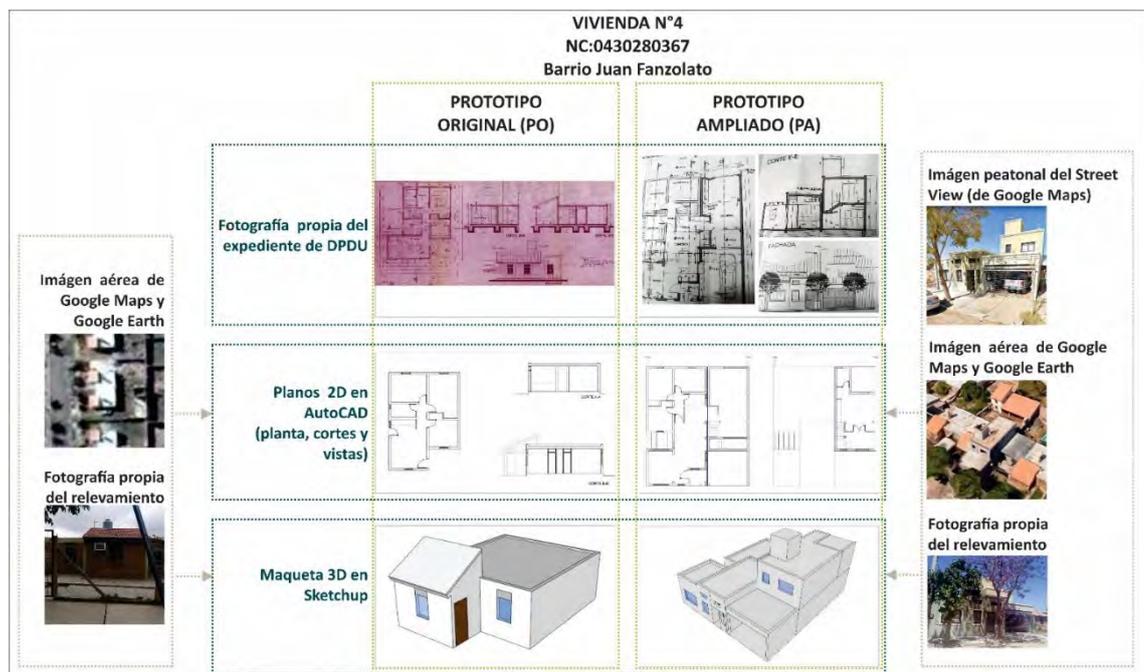


Figura 21. Proceso de construcción de las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.

Una vez establecidas y sistematizadas las viviendas, es posible comenzar con el análisis de estas en base a los cuatro aspectos definidos inicialmente para conocer su evolución en el tiempo. Cada una de las variables involucradas se modifica en distintos momentos a lo largo del período de tiempo analizado.

El estudio de las variables de análisis se realiza con técnicas de comparación y diferencias (dependiendo el caso) entre valores, a partir de la información contenida en las etapas de fase de uso, PO, PA, y datos adicionales que puedan ser considerados. De esta manera, se utilizan las técnicas de tendencia central, de dispersión, de posición relativa y de forma para el análisis estadístico univariado con la finalidad de interpretar los datos y comprender el proceso de cambio que ha realizado la vivienda. En el Anexo 2 se presentan las medidas estadísticas que se utilizan y se describen brevemente cada una.

## 3.2 EVOLUCIÓN SEGÚN LA ARQUITECTURA

En este punto se analizan variables que refieren a la modificación de la superficie construida, a la orientación, la ubicación en la parcela, el factor de ocupación del terreno, el año de ampliación y la tipología arquitectónica.

### 3.2.1 SUPERFICIE

Al comparar la superficie original con la ampliada de las viviendas IPV que forman la muestra, se observa que 6 de ellas han aumentado su superficie entre un 20% y 93%, 9 entre un 109% y 197% y 9 viviendas IPV entre el 204% y 354%. Esto representa incrementos entre los 12 m<sup>2</sup> y lo 193 m<sup>2</sup>. En la Figura 22 se observa que los prototipos con menos superficie original son los que disponen de mayor superficie de ampliación, como la vivienda 18 del B° PS (Figura 23).

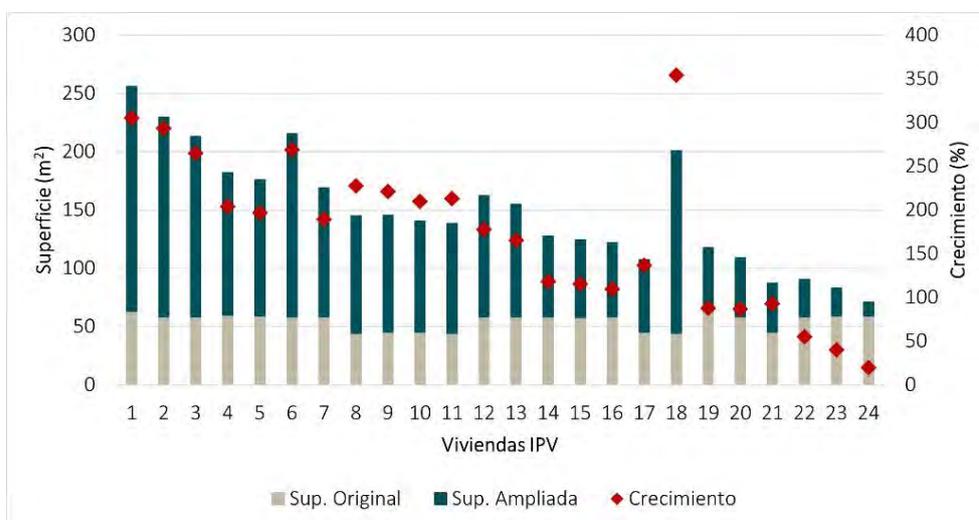


Figura 22. Viviendas IPV de la muestra y su superficie ampliada. Fuente: elaboración propia, 2023.

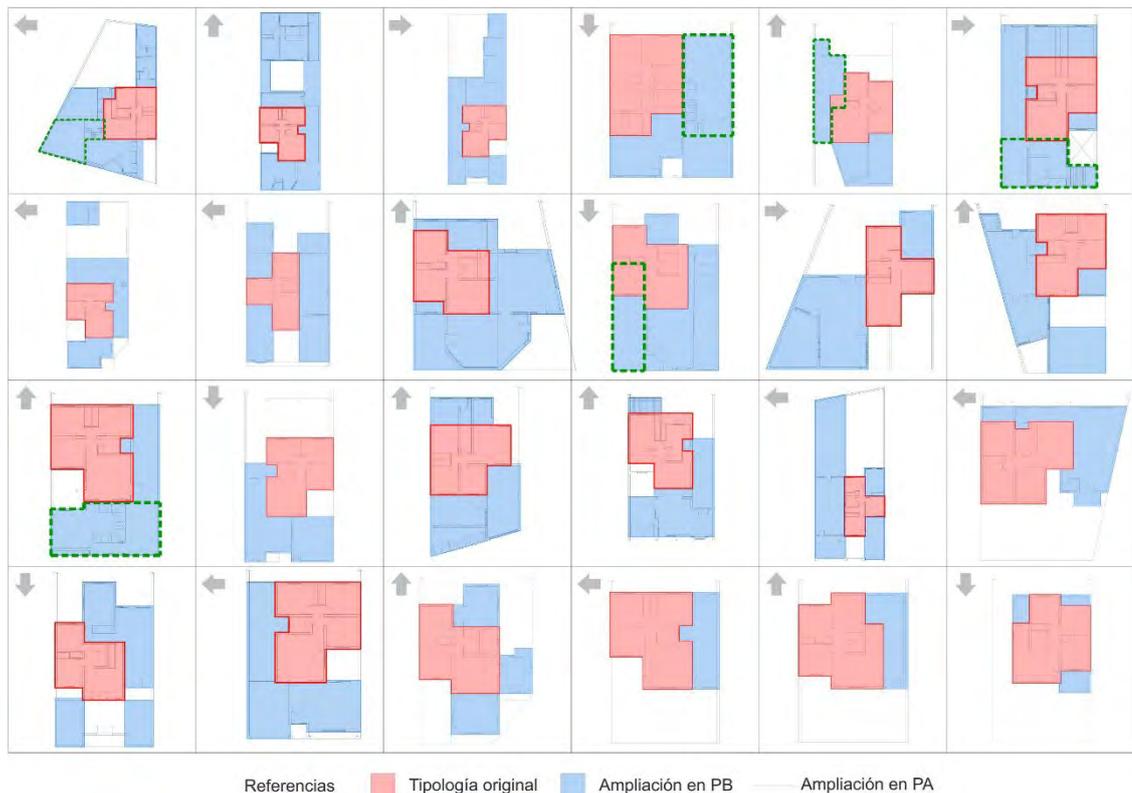


Figura 23. Incremento de superficie en las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.

Del análisis estadístico de la Tabla 8 se obtiene que la distribución de la variable superficie, para sus valores originales, es asimétrica ya que las medidas de tendencia central no coinciden. La moda indica que el valor con mayor repetición se encuentra en el orden de los 54 m<sup>2</sup>. La desviación estándar ( $\sigma$ ) es de aproximadamente 6 m<sup>2</sup> e indica valores dispersos en comparación a la media. El coeficiente de asimetría es de -0,70, por lo que la variable tiene una distribución asimétrica negativa. Respecto a los valores ampliados, el histograma indica una curva de distribución sesgada a la izquierda y se verifica con los valores de la mediana y la media. La  $\sigma$  es de 48 m<sup>2</sup> e indica valores dispersos en comparación con la media y con los valores de superficie originales mientras que la distribución asimétrica es positiva.

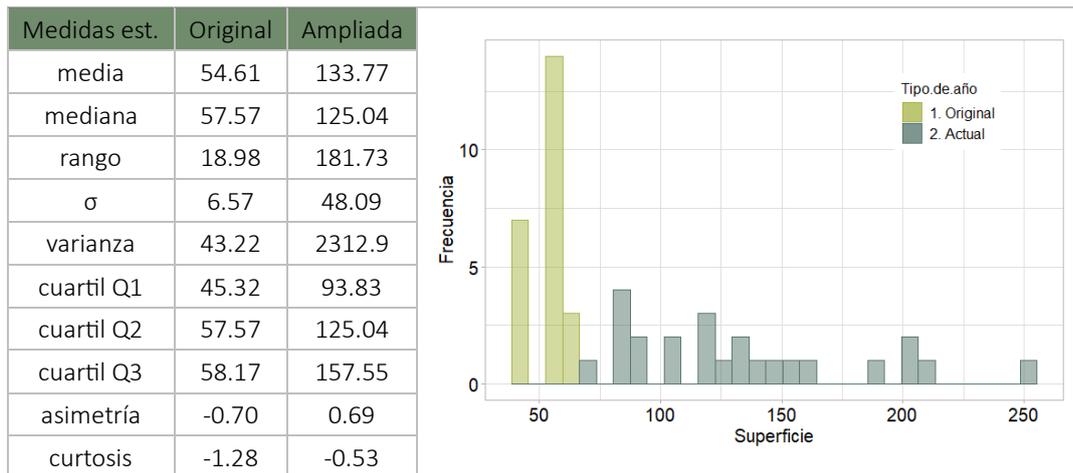


Tabla 8. Medidas estadísticas para la superficie (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.2.2 ORIENTACIÓN

En la Tabla 9 se observa que la mayor cantidad de viviendas se encuentran orientadas al sur y, en segundo lugar, en orientación norte. En síntesis, las viviendas con fachada principal al S, SE y SO representan el 46% del total, mientras que, aquellas con fachada al N y NE, el 25%.

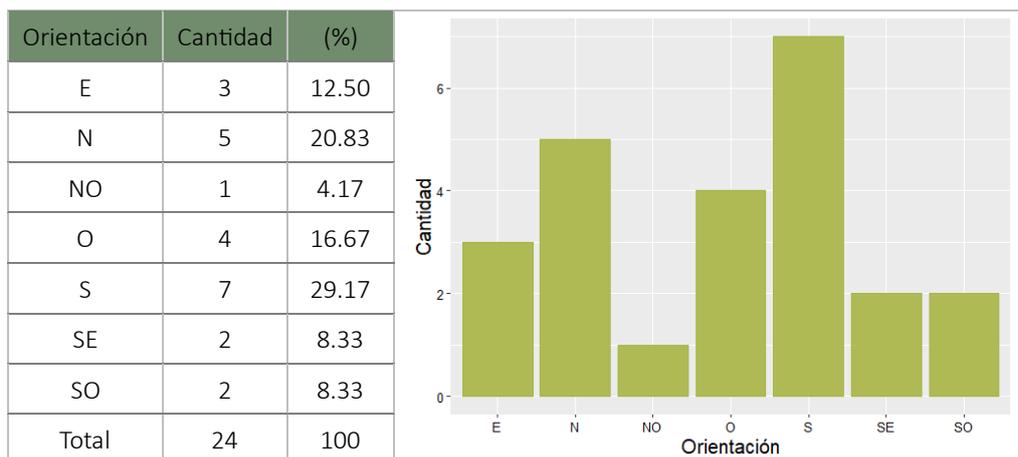


Tabla 9. Vivienda por Orientación (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. comparar la orientación original con la orientación ampliada.

Como se observa en Tabla 9, la orientación de la parcela no coincide con la orientación de las viviendas, es decir con la orientación de mayor superficie de envolvente, ni antes ni después de las ampliaciones, esto se debe a las proporciones de los terrenos urbanos (de 30 m. de largo por 10 m de ancho). De esta forma, 16 viviendas en el PO tienen doble orientación, es decir, igual cantidad de superficie de envolvente. La predominante es la orientación NS. Sin embargo, al ampliar las viviendas crecen hacia el O.

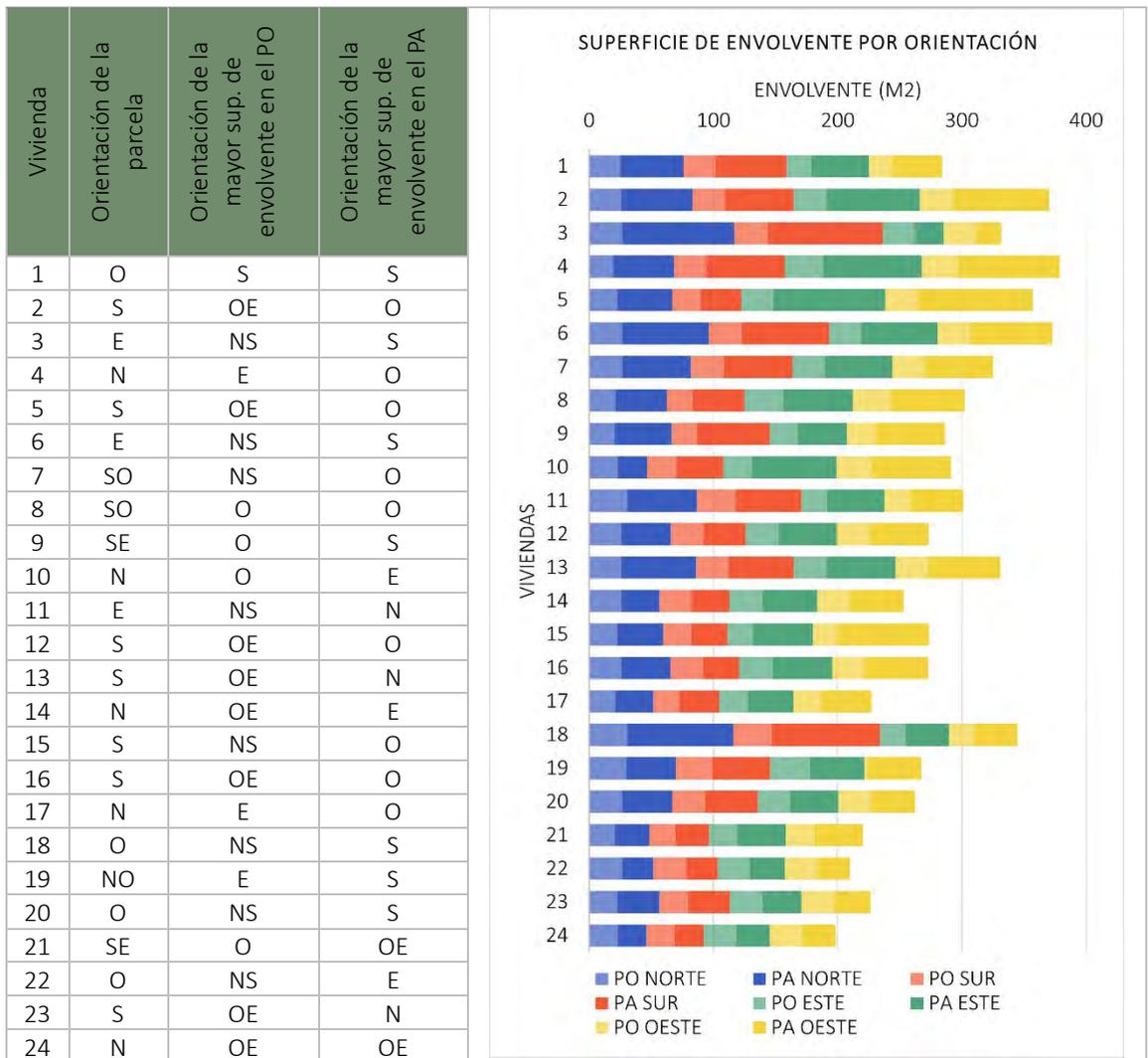


Tabla 10. Orientación de las viviendas en base a la envoltura. Fuente: elaboración propia, 2024.

### 3.2.3 UBICACIÓN EN LA PARCELA

En estado original, el 79% de las viviendas se encontraban pareadas en un solo lado, esto se modifica en las viviendas ampliadas, ya que el 71% se encuentra pareada hacia los dos costados, generando continuidad de superficie cubierta (Tabla 11). Lo anterior indica que las viviendas han crecido hacia el lateral que tenían libre en vez de hacia adelante o atrás. En la actualidad, una sola vivienda se mantiene aislada. Esto significa que el crecimiento en cuanto a la ubicación en la parcela ha tomado una característica energéticamente eficiente debido a que reduce la superficie expuesta al exterior por adosamiento a las viviendas linderas.

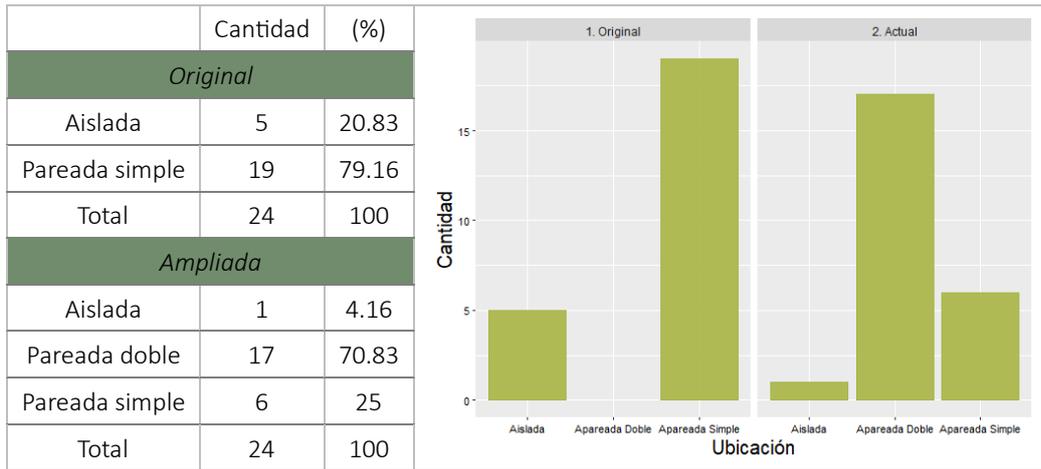


Tabla 11. Vivienda y su ubicación (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

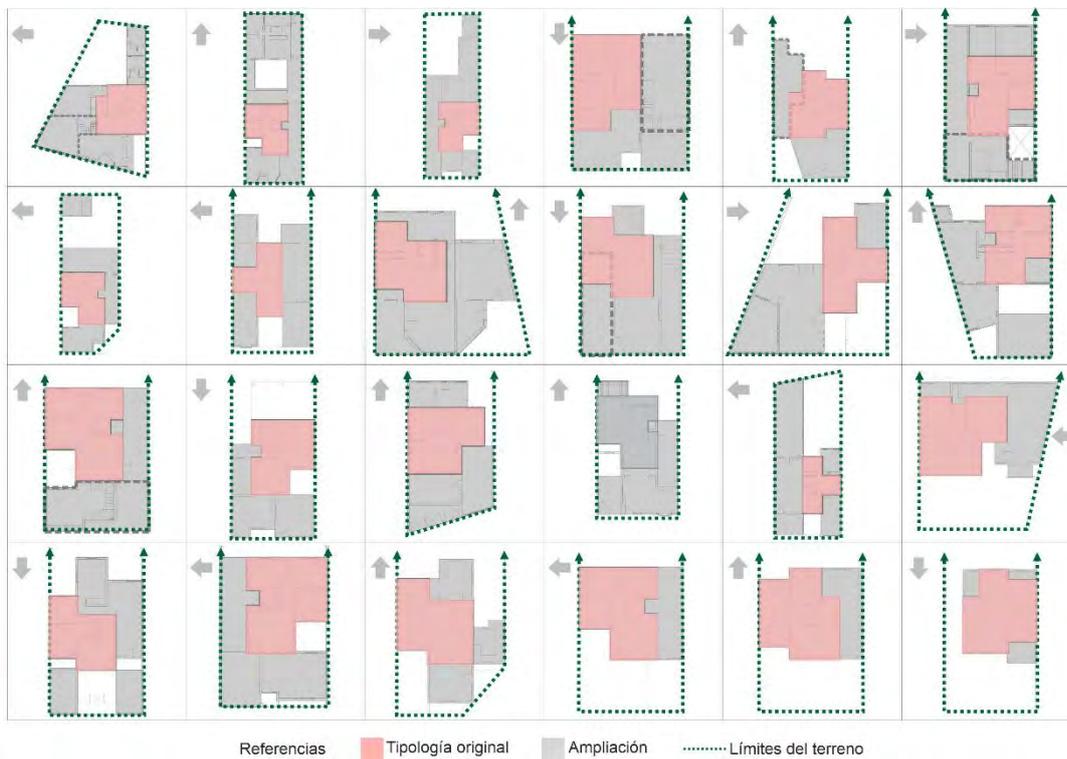


Figura 24. Posición en la parcela de las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.2.4 FOT

En las viviendas analizadas el FOT sufrió incrementos entre el 19% y el 354%. En particular, el valor promedio de las viviendas es de 0,19 y de 0,51 tanto en las viviendas en estado original y ampliadas, respectivamente (Figura 25). Esta situación es lógica debido al incremento de la superficie.

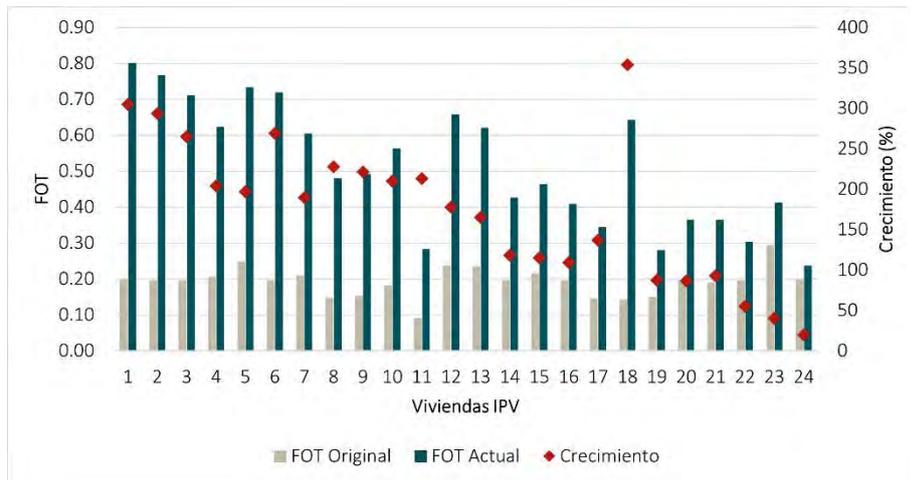


Figura 25. Valores de FOT por vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023.

Para el FOT original, la media y la mediana coinciden, lo que nos indica una distribución simétrica. Esto se debe a que el FOT se calcula en base a dos parámetros, superficie edificable y superficie del terreno y ambos son similares en todas las viviendas, independientemente del barrio ya que sus dimensiones se basan en las normativas urbanas vigentes (DPDU, 1951). Esto se mantiene para los PA donde la mediana es de 0,51. En este caso la curva más achatada, con varianza 0,03 y asimetría de 0,07 muestran una curva continua teniendo una distribución normal simétrica (Tabla 12).

Medidas est.	Original	Ampliada
media	0.19	0.51
mediana	0.19	0.49
rango	0.20	0.56
$\sigma$	0.04	0.17
varianza	0.00	0.03
cuartil Q1	0.17	0.36
cuartil Q2	0.19	0.49
cuartil Q3	0.20	0.65
asimetría	0.02	0.07
curtosis	0.57	-1.42

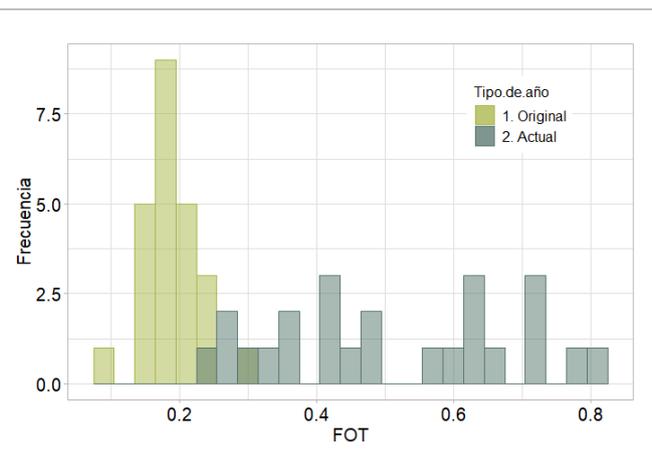


Tabla 12. Medidas estadísticas para el FOT (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.2.5 AÑO DE AMPLIACIÓN

Del total de viviendas de la muestra, 19 se construyeron entre 1991 y 1998 mientras que 5 fueron construidas entre 2000 y 2005. El año 1996 es el año de construcción que más se repite, ya que 6 viviendas fueron edificadas en ese año. Respecto al año de ampliación, en promedio, las viviendas se ampliaron a los 14 años de edificación (Figura 26 der.). Del

total, el 78% amplió por segunda vez y solamente el 25% por tercera. Sin embargo, en todos los casos, la primera ampliación fue la que se ejecutó de manera oficial y en la que se desarrolló mayor superficie. En tanto, las segundas y terceras ampliaciones se realizaron de forma subrepticia, por lo que no se tienen datos certeros sobre la magnitud y características de estos crecimientos.

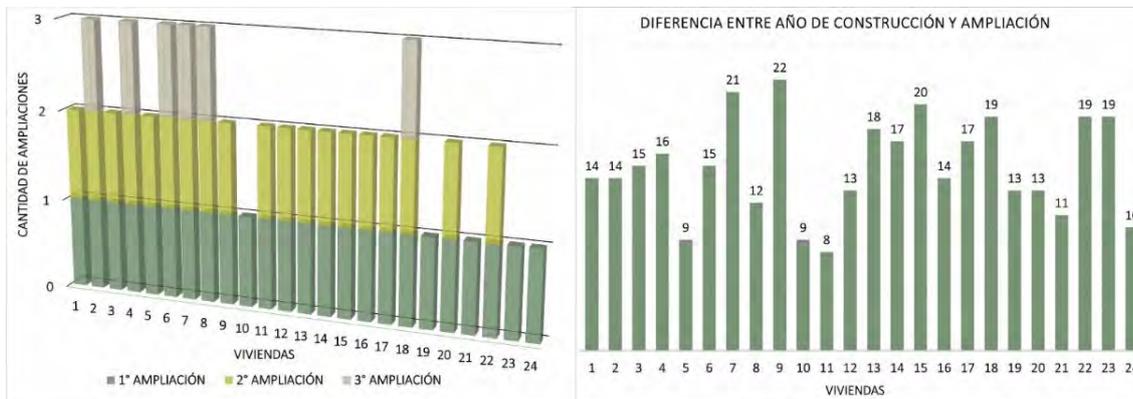


Figura 26. Ampliaciones en viviendas (izq.) y diferencia entre año de construcción y año de ampliación (der). Fuente: elaboración propia, 2023.

Estos datos pueden utilizarse cuando sea necesario evaluar energéticamente la vivienda, por ejemplo, mediante un certificado de EE. Con relación al estudio desarrollado en el Capítulo 1 que indica cómo se evalúan las ampliaciones en las metodologías internacionales, puede afirmarse que los procesos de crecimientos de las viviendas de la muestra cumplen con la condición de modificar al menos el 25% de la envolvente para que se considere vivienda ampliada.

### 3.2.6 TIPOLOGÍA

Respecto a las tipologías arquitectónicas, las viviendas de la muestra pertenecen a 8 prototipos diferentes de 7 barrios (Tabla 13). La mayor cantidad de viviendas pertenece al Barrio CESAP con un 42%, seguida por la del Barrio CGTRa2 con un 17% y en tercer lugar la CGTRa1 y la Procesa Sarmiento con un 12,5%.

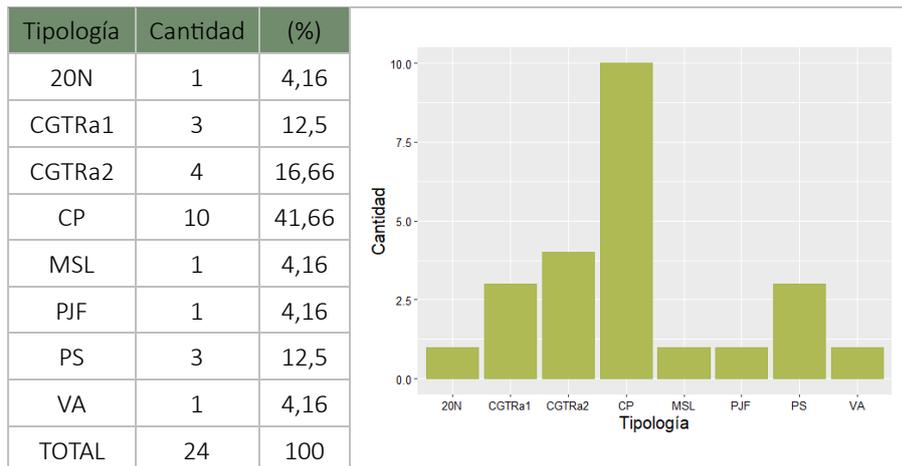


Tabla 13. Vivienda según tipología (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

Como se observa en la Figura 27, las tipologías del PO de viviendas del barrio VA, 20N y PF son las que presentan una composición volumétrica compacta, semejante a un cuadrado, con menos entrantes y salientes y perímetro similar. El barrio CP y el MSL poseen una tipología equivalente en cuanto a composición y perímetro. Mientras que el barrio PS representa una tipología en “T” donde los tres brazos poseen dimensiones similares, además de ser la única tipología simétrica respecto al eje X. El resto no muestra una caracterización definida con relación a su planta, sin embargo, se observan en general composiciones volumétricas compactas. El barrio MSL, PF y 20N como rasgo común cuentan con una inclinación en su cubierta de techo.

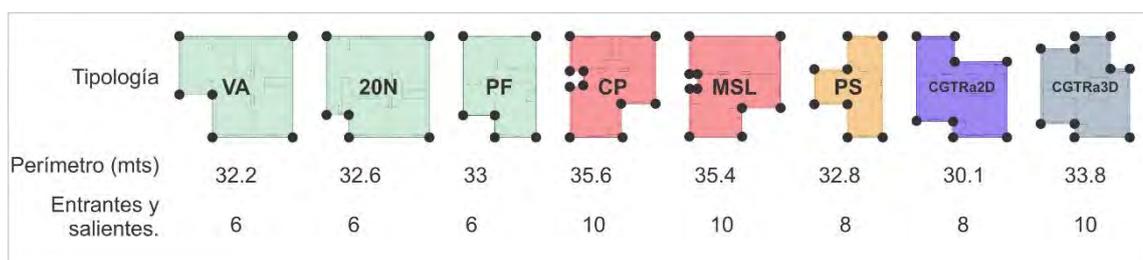


Figura 27. Tipologías de los PO. Fuente: elaboración propia, 2023.

En las ampliaciones se pueden observar la presencia de patios internos en mayor cantidad que la realización de cubiertas de techo en diferentes niveles. No obstante, predomina la volumetría compacta seguida por viviendas alargadas (Figura 28).

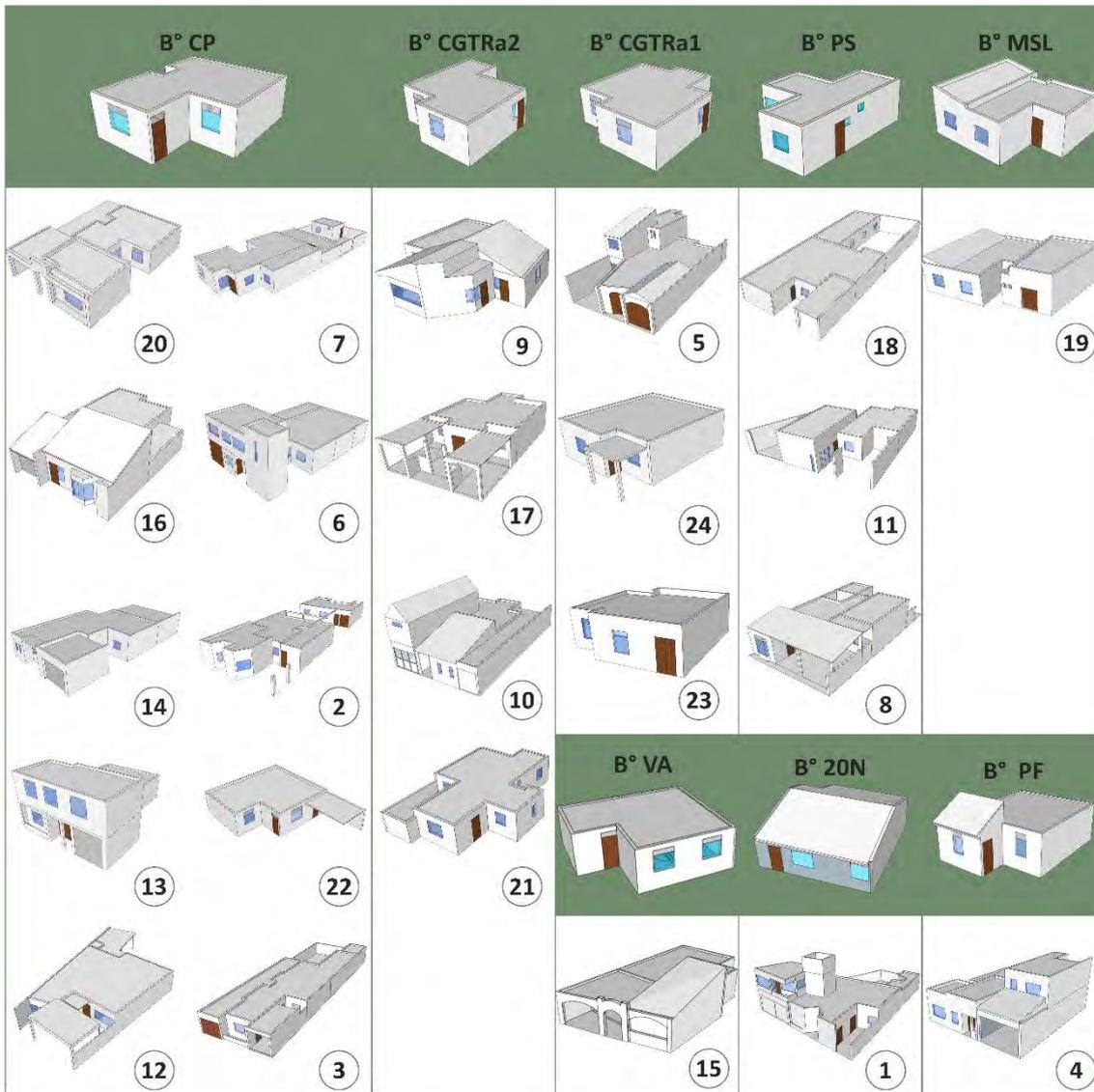


Figura 28. Tipología original y sus ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.3 EVOLUCIÓN SEGÚN LA ENVOLVENTE

En el aspecto Envoltente se analizan las variables que describen a la envoltente (en términos de superficie), al factor de forma, factor de exposición, factor de compacidad, factor de área envoltente piso, factor de aventanamiento y transmitancia térmica.

#### 3.3.1 ENVOLVENTE

Los incrementos en la superficie de la envoltente de las viviendas varían entre un 7% y 179%. En este sentido, en 7 viviendas incrementan menos de 100 m<sup>2</sup>, 10 entre 100 m<sup>2</sup> y 200 m<sup>2</sup> y 7 entre 200 m<sup>2</sup> y 300 m<sup>2</sup>. El valor promedio de la envoltente es de 147 m<sup>2</sup> en los PO, mientras que, en los PA el valor asciende a 302 m<sup>2</sup>. La vivienda N°18 representa un

caso particular donde la envolvente creció un 192% pasando de 141 m<sup>2</sup> originales a 412 m<sup>2</sup> (Figura 29).

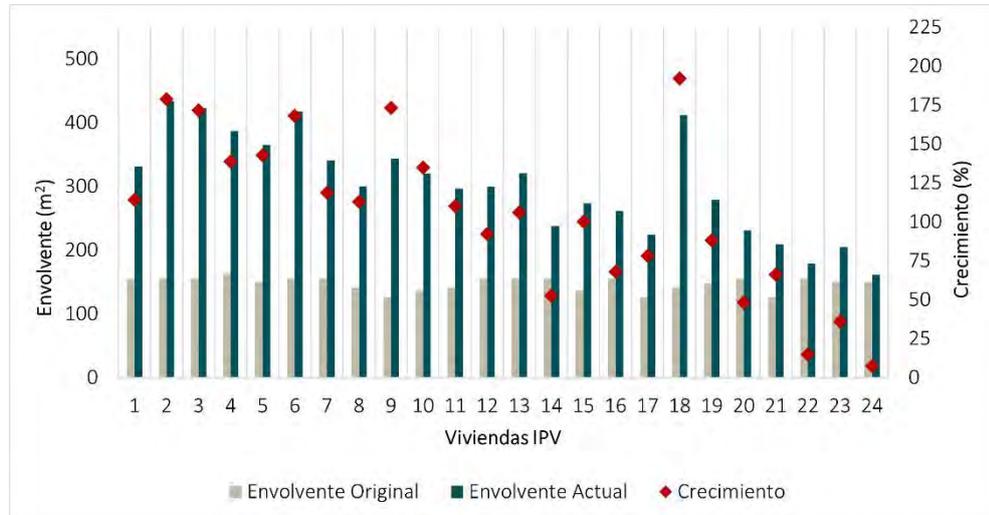


Figura 29. Viviendas IPV y su superficie de envolvente. Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.3.2 FACTOR DE FORMA (FF)

El FF ha disminuido en la totalidad de las viviendas luego de la ampliación, siendo el intervalo de disminución entre un 7% y 42% (salvo en la vivienda N°15). El promedio del FF es de 1,3 en los PO, mientras que, en los PA 1,05. Esto es beneficioso desde el punto de vista del ahorro energético ya que implica que a igual o similar volumen habitable, la superficie de la envolvente ha disminuido. Además, involucra menos superficie expuesta al exterior y los correspondientes beneficios que esto trae aparejado, por ejemplo, la disminución de las pérdidas de calor por la envolvente (Figura 30).

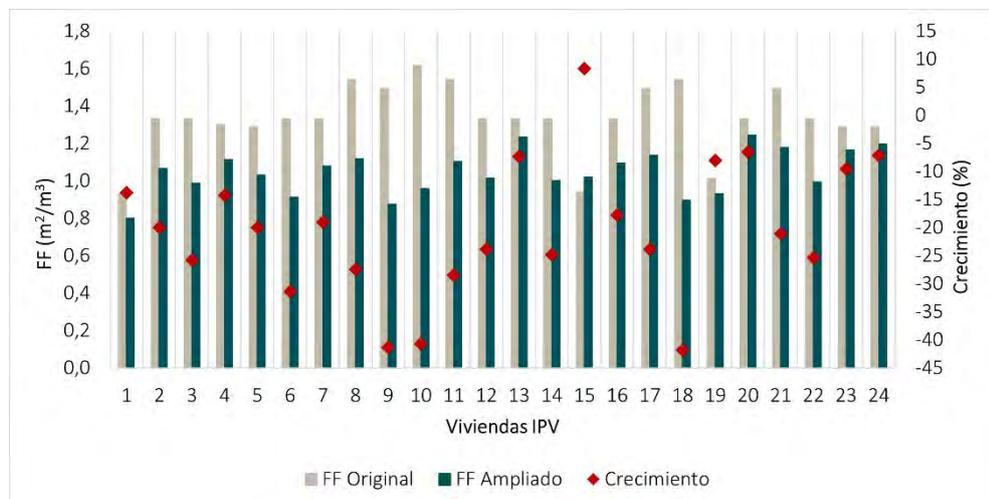


Figura 30. Viviendas IPV y su FF. Fuente: elaboración propia, 2023.

En el análisis estadístico, el FF de las viviendas originales representa una curva de distribución con un leve sesgo a la derecha, ya que su valor de asimetría es de -0,8. Tanto para el PA como en PO los valores de la media y la mediana coinciden, con valores menores para PO lo que indica que se ha incrementado la superficie de la envolvente y el volumen se ha mantenido constante (la situación ideal es que la superficie de la envolvente disminuya a igual volumen). Los valores de curtosis indican una curva con mayor valor de frecuencia para el FF original y una curva con menores valores de frecuencia para el FF actual (Tabla 14).

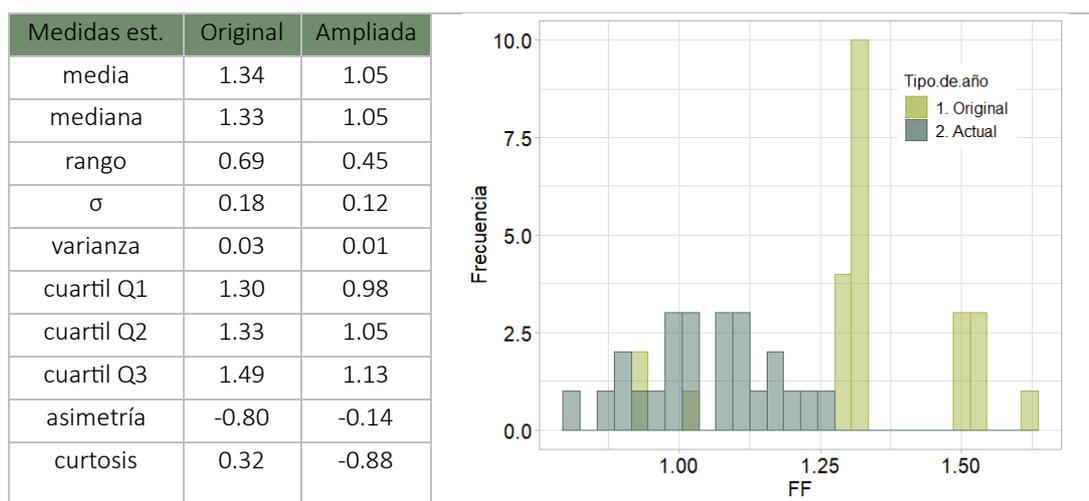


Tabla 14. Medidas estadísticas para el FF (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.3.3 FACTOR DE EXPOSICIÓN (FE)

A diferencia del FF, el FE en la mayoría de los casos se ha mantenido similar a los escenarios originales, lo que indica que la superficie expuesta y la envolvente han aumentado de forma proporcional (Figura 31). En particular, en los casos de las viviendas N°1, 5, 13 y 23 el FE es igual en el PO y en el PA. Por otra parte, en las viviendas N° 9, 12, 15 y 18 el FE en el PA es igual a 1, lo que significa que al ampliar las viviendas la superficie expuesta y la superficie de envolvente coinciden.

El FE promedio de los PO es igual a 0,88 y para los PA de 0,90. También, se observa que en la mitad de las viviendas aumentó el FE (13 viviendas), mientras que en la otra mitad disminuyó (11 viviendas).

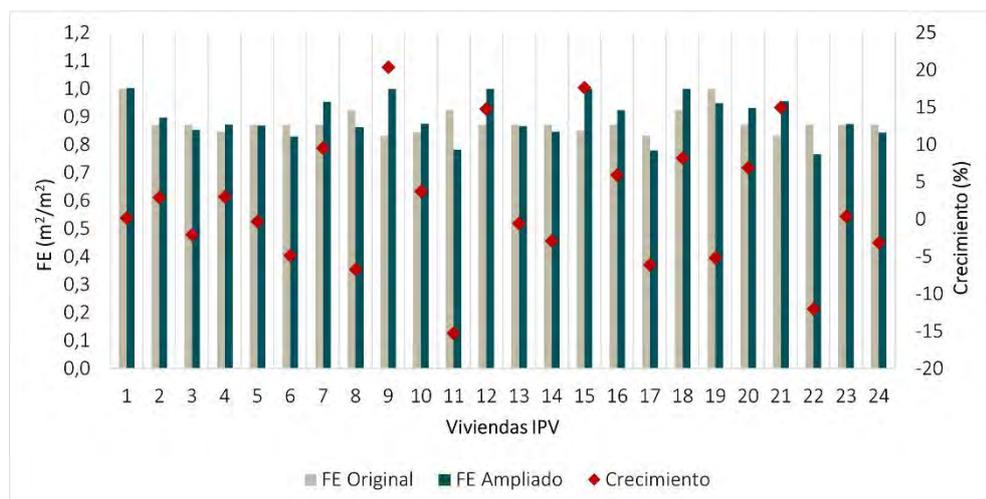


Figura 31. Viviendas IPV y su FE. Fuente: elaboración propia, 2023.

Para el FE original, la media y la mediana son muy similares, lo que indica que la distribución es simétrica. Por otro lado,  $\sigma$  es 0,04, mostrando que los datos tienden a estar cerca de la media. El coeficiente de asimetría de 1,49 indica una distribución asimétrica positiva (existe mayor concentración de valores a la derecha de la media que a su izquierda). Sin embargo, para los datos actuales la asimetría es de -0,02, revelando una distribución asimétrica negativa. Con el coeficiente de curtosis sucede algo similar, para los valores originales indica una curva de distribución leptocúrtica, mientras que para los actuales una curva de distribución platicúrtica, Tabla 15).

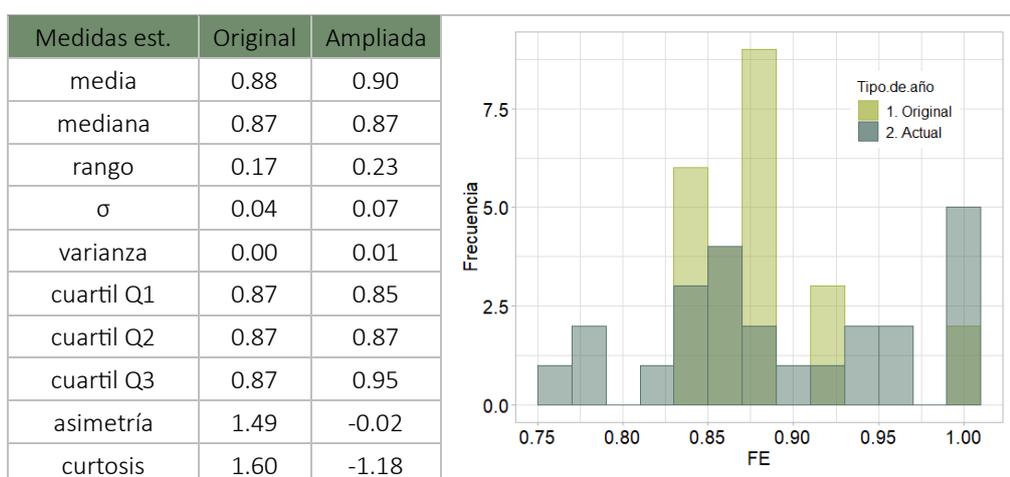


Tabla 15. Medidas estadísticas para el FE (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.3.4 FACTOR DE COMPACIDAD (FC)

De acuerdo con la Figura 32, los valores del FC para el PA han disminuido levemente en 14 viviendas, mientras que en el resto han aumentado, esto es algo positivo ya que, a mayor compacidad, se producen menos pérdidas de calor a través de la envolvente y hay

menos puentes térmicos. Mientras que el valor promedio del FC para el PO es de 66 para el PA se incrementa a 66,3. Destaca la vivienda N°15 donde el FC pasó de 74 a 64, siendo el caso más desfavorable.

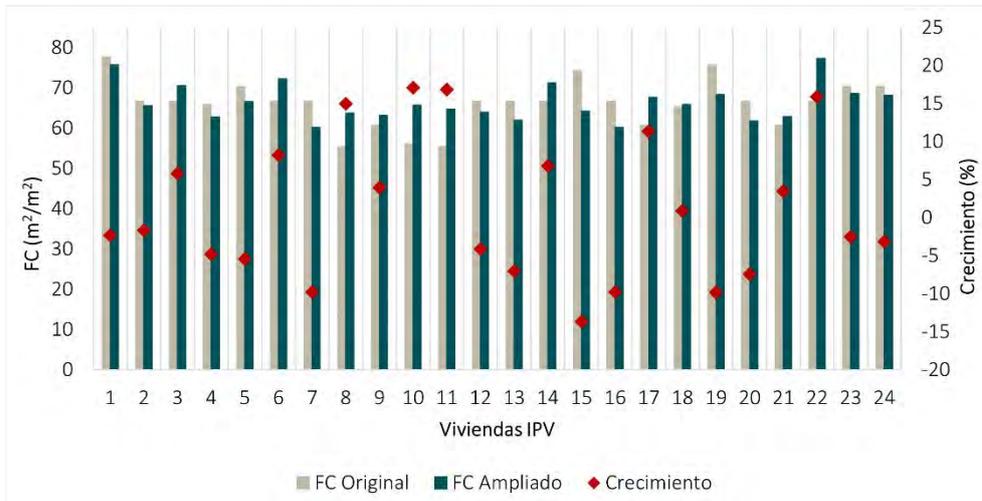


Figura 32. Viviendas IPV y su FC. Fuente: elaboración propia, 2023.

En el FC original y actual los valores de la media y la mediana son próximos, lo que nos indica una distribución simétrica de los datos. La  $\sigma$  es de 6,17 y 4,7 para el PO y el PA respectivamente. En cuanto a la varianza, la misma disminuye de 38 a 22 luego de la ampliación lo que indica que los datos se encuentran más cercanos a la media. Para valores ampliados se presenta una distribución asimétrica (Tabla 16).

Medidas est.	Original	Ampliada
media	65.70	66.67
mediana	66.73	65.68
rango	23	17.15
$\sigma$	6.17	4.7
varianza	38.08	22.02
cuartil Q1	60.77	63.09
cuartil Q2	66.73	65.68
cuartil Q3	67.64	69.12
asimetría	1.26	0.95
curtosis	-0.67	-0.58

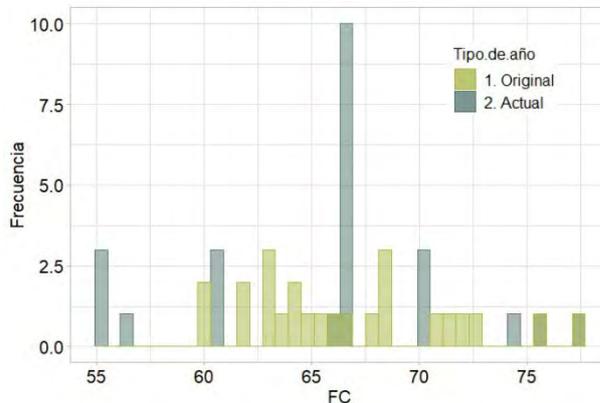


Tabla 16. Medidas estadísticas para el FC (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.3.5 FACTOR ÁREA ENVOLVENTE PISO (FAEP)

Los valores ampliados de FAEP son menores a los originales, esto es indicativo de una forma eficiente dado que se requerirá menos área de envolvente para cubrir una

superficie de piso determinada (Figura 33). El promedio de FAEP del PO es de 3,40, mientras que para el PA el valor disminuye a 2,96. Puntualmente, las viviendas disminuyen dicho factor entre un 3% y 37%.

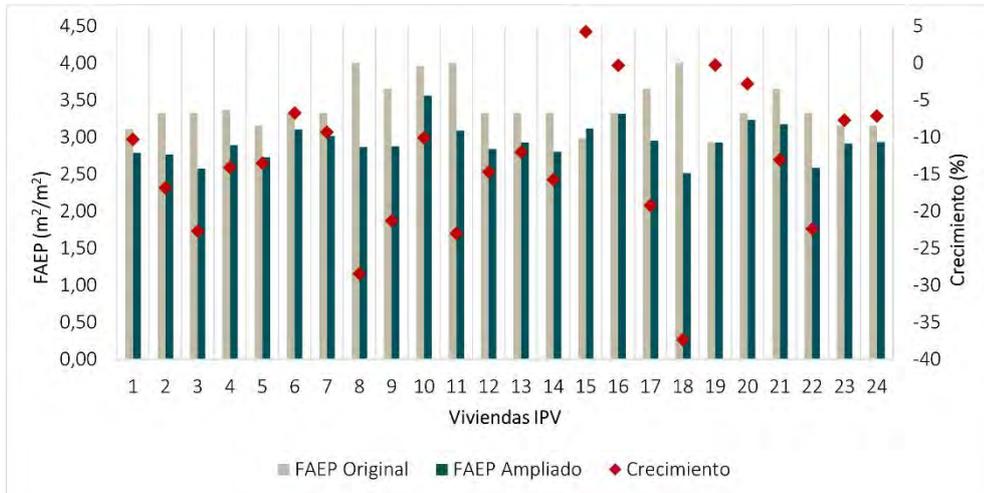


Figura 33. Viviendas IPV y su FAEP. Fuente: elaboración propia, 2023.

Los resultados muestran una varianza mayor a los valores actuales lo que indica que originalmente los valores se encontraban más repartidos en función de la media. Los valores positivos de asimetría sugieren que en ambos escenarios la distribución se encuentra sesgada a la izquierda. Además, los valores originales presentan una curtosis de -0,66 respondiendo a una curva con datos dispersos, donde los valores actuales son de 0,12 (Tabla 17).

Medidas est.	Original	Ampliada
media	3.42	2.94
mediana	3.33	2.92
rango	1.08	1.05
$\sigma$	0.32	0.24
varianza	0.10	0.06
cuartil Q1	3.29	2.80
cuartil Q2	3.33	2.92
cuartil Q3	3.66	3.09
asimetría	0.67	0.47
curtosis	-0.66	0.12

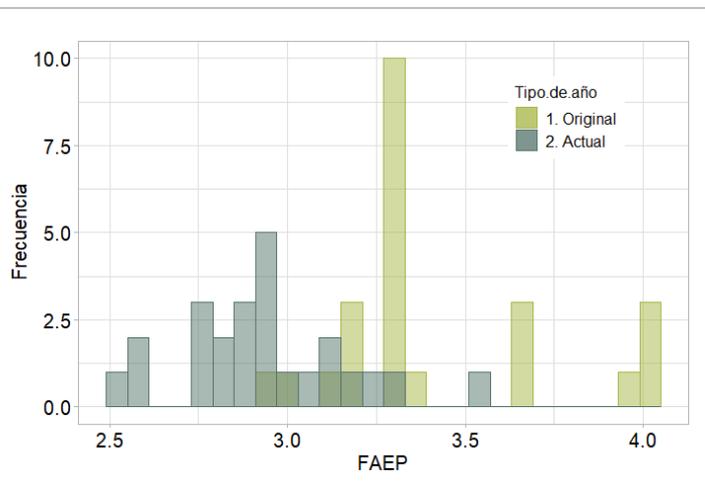


Tabla 17. Medidas estadísticas para el FAEP (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.3.6 FACTOR DE AVENTANAMIENTO (FA)

En la Figura 34 se observa la variación de la superficie vidriada sobre la superficie opaca para cada vivienda de la muestra, donde la mayoría de los casos presentan incrementos en los ampliados en comparación con los casos originales. Con respecto al análisis estadístico, el valor promedio para antes y después de las ampliaciones aumentó de 0,06 a 0,08. En particular, 7 viviendas han disminuido el FA entre el 3% y el 40%, mientras que el resto incrementó dicho factor, por ejemplo, la vivienda 8 con un valor del 86%.

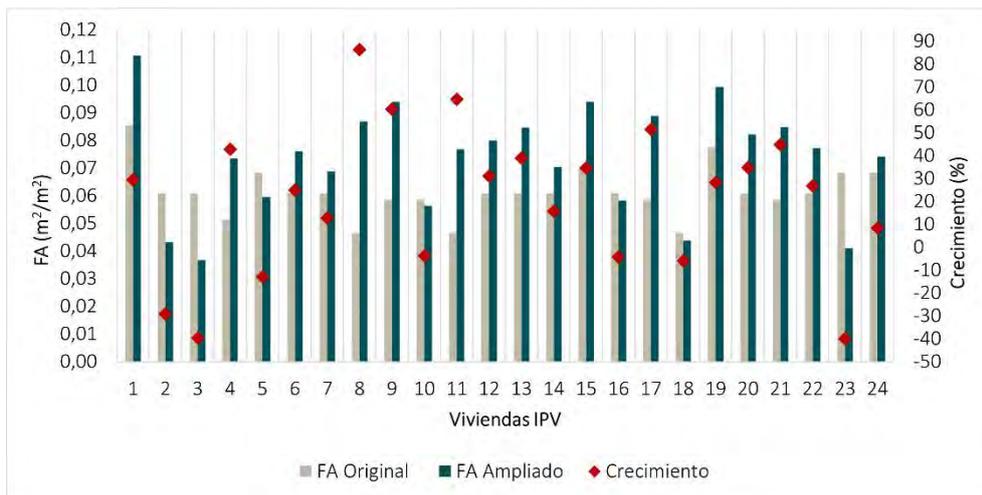


Figura 34. Viviendas IPV y su FA. Fuente: elaboración propia, 2023.

Como se observa en Tabla 18, los valores del FA para el prototipo original responden a una curva leptocúrtica con gran alargamiento, ya que la curtosis es mayor a 0. Y su asimetría de 0,83 muestra una asimetría con cola a la derecha. Mientras que los valores ampliados representan una curva más achatada con valores más dispersos.

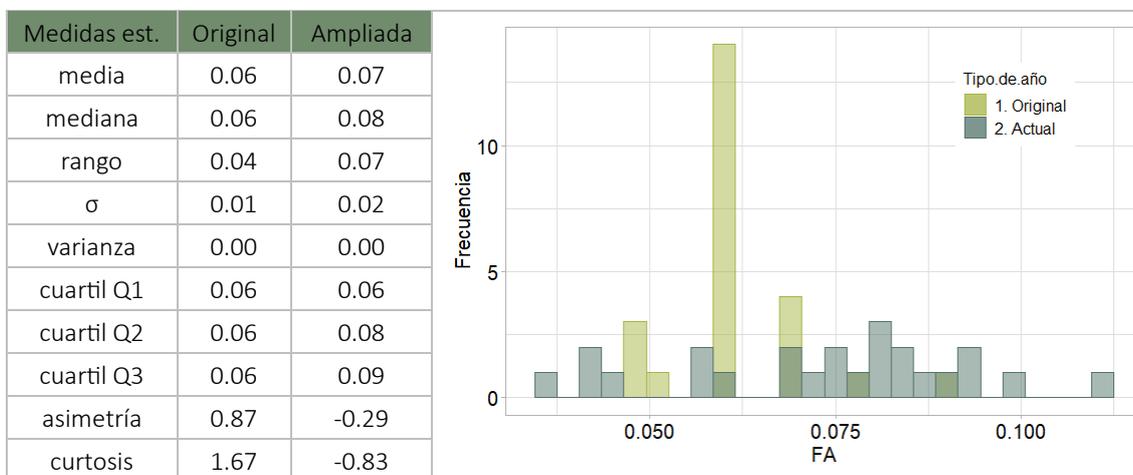
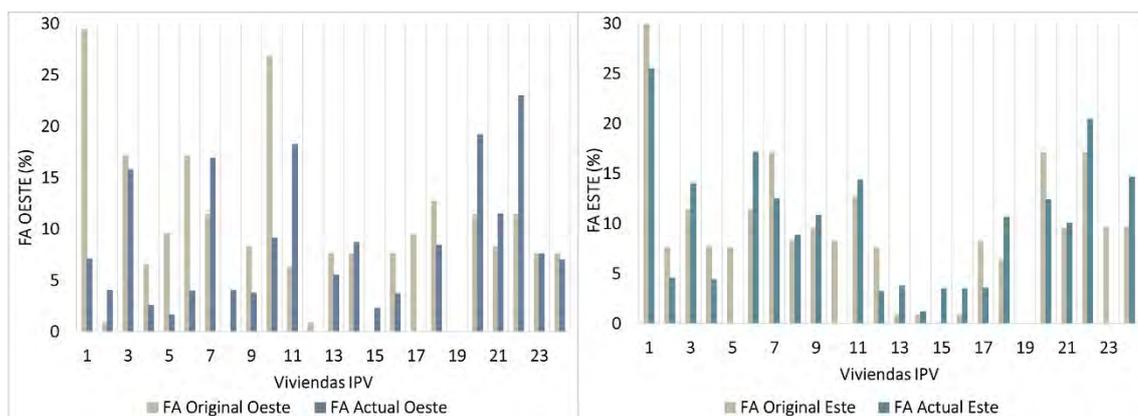
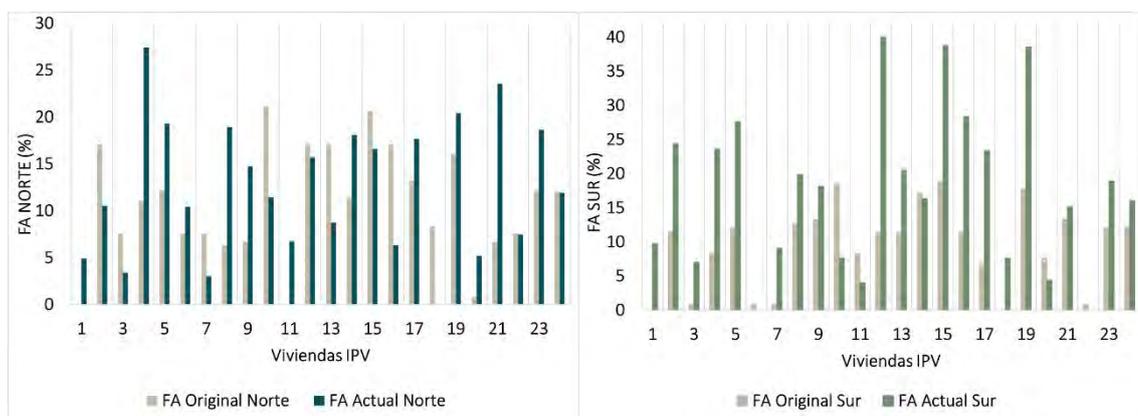


Tabla 18. Medidas estadísticas para el FA (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

En sumatoria, es posible analizar el FA por orientación. En los PO es entre 9% y 11% según la orientación. Se destaca la vivienda N°1 con un FA este de 30% y un FA oeste de 29% en el PO. En las ampliaciones se identifican dos acciones bien definidas en la orientación este y oeste donde el FA disminuye, dando valores promedios de 7,7% y 8%. Por el contrario, el FA norte y sur se incrementa a 12,3% y 17,5%. En los PA, la orientación con mayores aventanamientos es la sur.



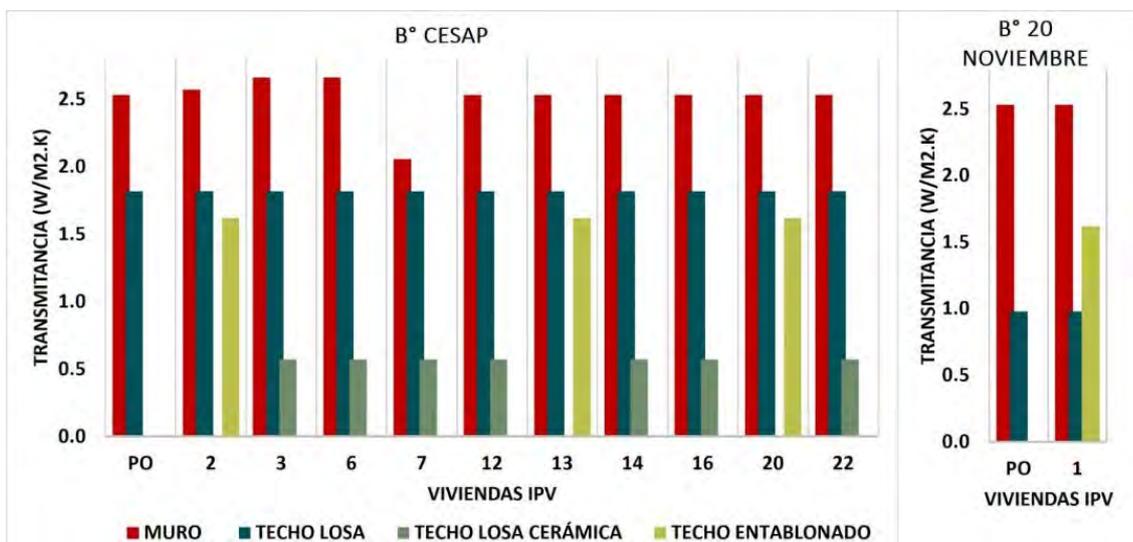
### 3.3.7 TRANSMITANCIA TÉRMICA (K)

En la Figura 37 (izq.) se observa que los valores de K para muros han permanecido constantes en el tiempo, salvo en tres casos donde K ha disminuido en relación con el prototipo original. Se trata de un sistema constructivo constante en todas las viviendas analizadas de muros de ladrillón de 0,20 m con revoque y enlucido en ambos lados del muro. Sin embargo, si se observan diferencias notables entre los valores originales y actuales de K en techos.



Debido a las escalas y para una mejor visualización se separa el análisis, en la Figura 38, Figura 39 y Figura 40 donde se muestran los valores para muros y techo según la tipología.

En las viviendas del B° CESAP los valores de K para muros tanto del PO como del PA se mantienen similares, al igual que los valores para techo. Se observa que en las ampliaciones aparecen nuevos materiales y sistemas constructivos, como lo son el techo de losa cerámica y el techo entablonado (Figura 38). El primero se considera una buena alternativa ya que presenta valores de K menores al resto de los sistemas constructivos de techo, esto es 0,57 W/ m<sup>2</sup> K. Se observa también que, al ampliar, en ninguna vivienda se mantuvo solo un tipo de cubierta, sino que coexisten dos y en algunos casos tres tipos. Por ejemplo, en el B° 20 de noviembre en la vivienda 1 (Figura 38, der.).



En el B° CGT Rawson, los valores de K para muros se han mantenido constantes pre y post ampliación. Destacan las viviendas N° 9 y 10, donde la transmitancia es menor a los valores del PO debido a que al ampliar se utilizan muros de ladrillón de 0,30 m de espesor (Figura 39, izq.). Respecto al techo, en este barrio se incorpora el techo de teja en las viviendas ampliadas, el cual no se considera la mejor opción en estos términos debido a su alto valor de K en comparación con la cubierta de losa de hormigón, losa cerámica o de entablonado.

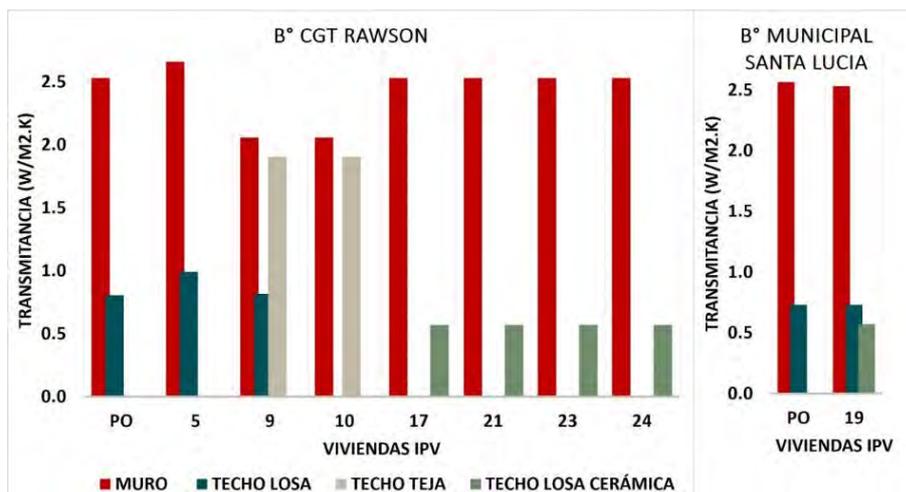


Figura 39. K para viviendas del B° CGT Rawson (izq.) y B° Municipal de Santa Lucía (der.) para PO y las diferentes ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023.

Las viviendas del B° Procesa Sarmiento destacan por la cubierta de techo del PO con valores de K similares a los del muro (Figura 40). En el resto de las viviendas del barrio las cubiertas de techo luego de la ampliación mejoran los valores de K.

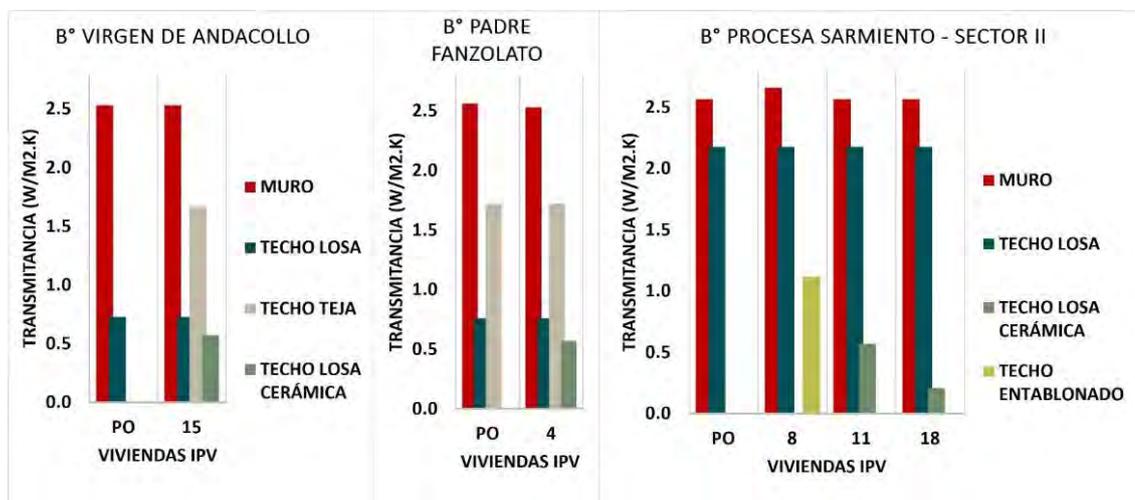


Figura 40. K para viviendas del B° Virgen de Andacollo (izq.), B° padre Fanzolato (centro) y B° procesa Sarmiento (der.) para PO y las diferentes ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023.

Como se observa en las Figura 38, Figura 39 y Figura 40, los valores de K de los muros antes y después de los procesos de crecimiento se mantienen constantes, ya que en todas las viviendas los muros son de ladrillón de 0,20 m. con revoque y enlucido. No sucede lo mismo con las cubiertas de techo, donde en la mayoría de las viviendas, en las ampliaciones, los valores de K mejoran, es decir, disminuyen (salvo en aquellas viviendas donde se optó por colocar techo de teja).

Respecto a los valores de K de puertas, en todos los PO el valor de K es de 5,88 W/m<sup>2</sup>K y responde a la carpintería de chapa galvanizada prepintada. Al ampliar las puertas colocadas son de madera, por lo que el K disminuye a 5,26 W/m<sup>2</sup>K. Con las ventanas ocurre lo opuesto, todos los PO presentan un K de 5 W/m<sup>2</sup>K representado por una ventana metálica con vidrio común y en los PA el valor se incrementa a 5,86 W/ m<sup>2</sup>K debido al marco de aluminio.

En relación con los valores de K de piso, al igual que con las puertas, todos los valores del PO y PA coinciden y los segundos son menores a los primeros, lo cual se considera beneficioso en el proceso de crecimiento. Todo esto se debe a que en su estado original los pisos son de hormigón fratasado con contrapiso de hormigón, lo cual representa un K de 3,19 W/ m<sup>2</sup> K. Este disminuye a 2,61 W/m<sup>2</sup>K en los PA debido a que en las ampliaciones el piso es de baldosa cerámica con una carpeta de cemento y contrapiso de hormigón.

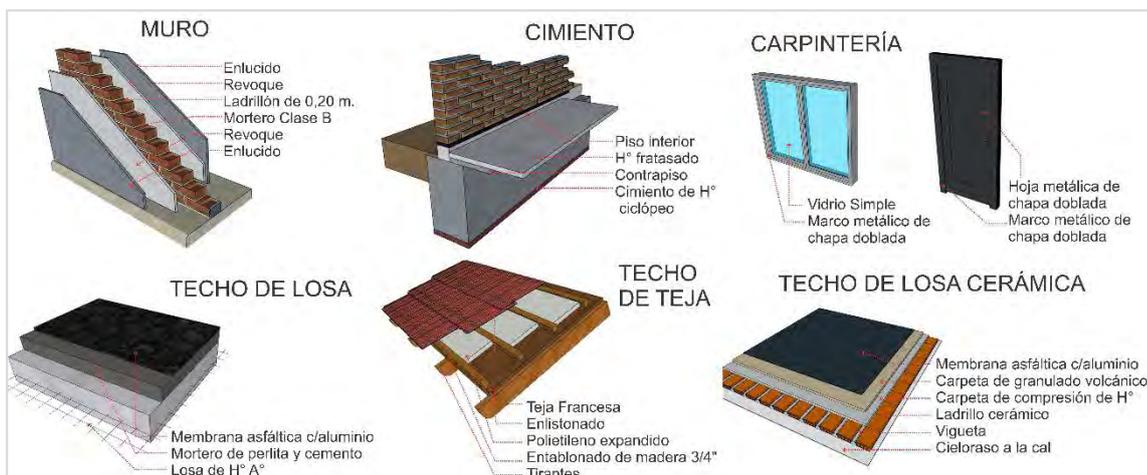


Figura 41. Esquemas constructivos característicos de los PO y PA. Fuente: elaboración propia, 2024.

Como síntesis se determina que, en cuanto a las características del muro, predomina la construcción de ladrillón de 0,20 m, con mortero clase B (1 de cemento – ½ de cal – 4 de arena), el cual provoca buen retardo al paso de la onda de calor y una amortiguación aceptable. Referido a los techos, la mayoría son losas de hormigón de 0,10 m de espesor

con aislación térmica exterior (Figura 41). Estos son materiales con valores de amortiguación y retardo óptimos respecto a otras posibilidades constructivas. Estas características edilicias son las predominantes en los barrios de construcción estatal en la provincia (Blasco Lucas et al., 2004).

#### *3.3.7.1 Sistema Estructural*

Considerando el elevado riesgo sísmico de la zona de estudio, las viviendas disponen de un sistema estructural acorde. La respuesta estructural representa el tercer nivel de incidencia en el comportamiento higrotérmico y energético de los edificios, pues según el tipo adoptado, puede formar parte de significativos puentes térmicos y de la consiguiente pérdida o ganancia de calor (Blasco Lucas et al., 2004).

Los PO cuentan con un diseño estructural que comprende dos viviendas pareadas, resultando una unidad estructural que agrupa ambas, y que comparte el muro divisorio, el cual resulta un eje de simetría. Con base en los planos estructurales se observa que estructuralmente los PO del barrio 20N, MSL y PF han sido resueltos con columnas y vigas de encadenado y de carga, siendo una buena solución para la resistencia sísmica por la forma geométrica, ya que descompone la fuerza telúrica en dos direcciones perpendiculares (x,y), permitiendo además un buen comportamiento a solicitaciones de torsión, por coincidir el centro de gravedad con el centro de masa.

La estructura del PO del barrio CP, CGTRa, PS y VA cuentan con muros de carga para lograr la rigidez en los dos sentidos de las solicitaciones de cálculo, obteniendo con ello una disminución de la sección de columnas y el armado de estas. Estos muros se han calculado en cuanto a esbeltez y rigidez en cada dirección y no pueden derribarse sin previa revisión del cálculo estructural. En todos los casos la estructura es de encadenado, una fundación con zapata corrida y mampostería es de 0,20 m de ladrillón macizo con mortero de resistencia normal o intermedia con proporciones de 1-1/2-4. Asimismo, en algunos casos el muro de pareamiento es de mayor espesor (por ejemplo, en el barrio 20N es de 0,4 m.)

Por otra parte, con base en la Figura 42, donde se comparan los valores de las variables de arquitectura y envolvente de cada tipología, es posible indicar cuál es óptima. De acuerdo con lo analizado, la tipología del PO del Barrio 20N es la más favorable ya que presenta los mayores valores de superficie, superficie habitable y superficie de ventanas y si bien cuenta con un elevado volumen, su valor de envolvente es intermedia. Además, la tipología presenta valores de FF, FC y KM óptimos, comparados con las demás. Luego

se encuentra la tipología del Barrio MSJ, seguida por la del barrio CP, CGTRa1, PJF, VA, CGTRa2 y finalmente, la tipología PS.

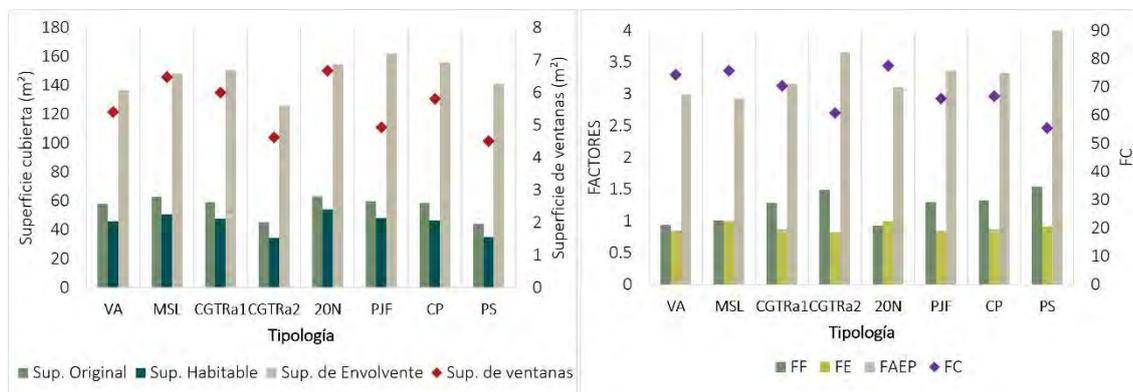


Figura 42. Variables de arquitectura (izq.) y envolverte (der.) por tipología en su estado original. Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.4 EVOLUCIÓN SEGÚN LA ENERGÍA

Previo al análisis de la variable energía se tuvo en cuenta la determinación del consumo energético anual por vivienda como la suma del consumo anual de gas y el consumo anual de energía eléctrica. Estos consumos son adquiridos, procesados y normalizados para realizar la sumatoria tal como se indica a continuación.

En primer lugar, los consumos energéticos de gas son provistos por La empresa, ECOGAS, Distribuidora de Gas Cuyana, Provincias de Mendoza, San Juan y San Luis. La información de consumos de gas suministrados se encontraba en archivos en formato .pdf por lo que se utilizó el software ABBYY Fine Reader 15 (2019) para convertirlos a Excel y disponer de un adecuado manejo de los datos. Seguidamente se suman los consumos bimestrales hasta obtener el dato de consumos de forma anual.

Luego, debido a que la unidad de medida de consumo de gas se expresa en m<sup>3</sup>, se determinó el factor de conversión de m<sup>3</sup> a kWh con la finalidad de uniformar estos consumos con los consumos eléctricos resultando igual a 10,81 kWh/m<sup>3</sup>. Este valor surge de dividir el poder calorífico inferior del gas natural en el factor de conversión de kWh a kcal. El primer dato se encuentra disponible en la factura de servicio, para el año 2022 es de 9.300 kcal/ m<sup>3</sup>, el segundo es obtenido de la Norma IRAM 11549 (2002). De esta manera al multiplicar los consumos de gas en m<sup>3</sup> por 10,81 kWh/ m<sup>3</sup> se obtiene su equivalente en kWh (Ecuación 1).

$$x = (9.300 \text{ kcal/m}^3) / (859,84 \text{ kWh/kcal}) = 10,81 \text{ kWh/m}^3$$

Ecuación 1. Equivalencias para datos de gas. Fuente: elaboración propia, 2023.

Los consumos de energía eléctrica son suministrados por la distribuidora de energía de la provincia de San Juan, Energía San Juan S.A. en formato .xlsx. Al igual que los consumos de gas, los datos bimestrales de energía eléctrica se suman para obtener un valor anual en kWh. Finalmente, los valores anualizados de consumos de gas y energía eléctrica obtenidos con los pasos descritos se suman obteniendo el consumo de energía anual por vivienda. En promedio, se dispone de datos de consumo de los últimos 23 años. El menor número de años es 15, mientras que la vivienda con mayor cantidad de datos es 27 (Figura 43).

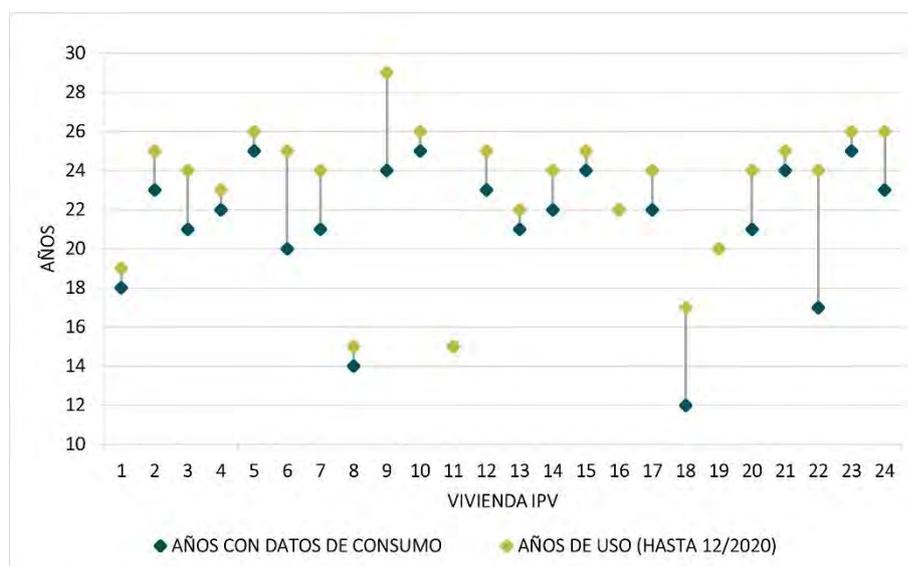


Figura 43. Años en fase de uso y de consumos energéticos. Fuente: elaboración propia, 2023.

Se observa que existen 14 viviendas de las que no se dispone información de consumo de gas, cuya antigüedad supera los registros de gas natural provistos por ECOGAS, es decir, en los primeros años luego de su inauguración.

La ausencia de registros puede ser problemática en el posterior análisis ya que se provoca un sesgo en la estimación de los parámetros, se reduce el poder estadístico y la representatividad de las muestras. Adicionalmente, la falta de los datos puede atenuar la capacidad para extraer información aplicada en la toma de decisiones sensatas (Chia, 2019).

Diversas razones pueden justificar la ausencia de la información sensible de consumo de gas mencionada, por lo que se realizó un acercamiento a las viviendas de la muestra que no disponían de datos y ante la pregunta ¿qué fuente de energía utilizó para cocción y agua caliente durante 1996 y 2010? fue dificultoso contar con una respuesta certera en

la mayoría de los casos, ya que se debía recurrir a la memoria de los usuarios originales. Sin embargo, en un par de viviendas se aseguró que la misma estuvo conectada a la red de gas natural, por lo que se cotejó que ECOGAS simplemente no dispone de esos datos. De esta manera, para completar los datos faltantes se realizó un MRLM en el software libre R (Bell Laboratories, 2022). El MRLM permite generar un modelo lineal en el que el valor de la variable dependiente (y) se determina a partir de un conjunto de variables independientes (x1, x2, x3...) (Amat, 2016b). En R se realizó la Data Imputation, que es un proceso de reemplazo de los valores faltantes por valores que se pueden procesar y analizar. Para ello se utilizó el paquete Multivariate Imputation via Chained Equations (MICE, por sus siglas en inglés), donde de forma predeterminada se asume que los valores perdidos faltan al azar y se utiliza la regresión lineal para predecir los valores continuos ausentes.

Luego de la construcción de cuatro modelos, se llegó a que el modelo superior es aquel que incorpora como variable independiente (y) los consumos de gas y como variable dependiente (x) los consumos de electricidad (x1) y el año (x2). Se observan, en rojo, los valores generados (Figura 44).

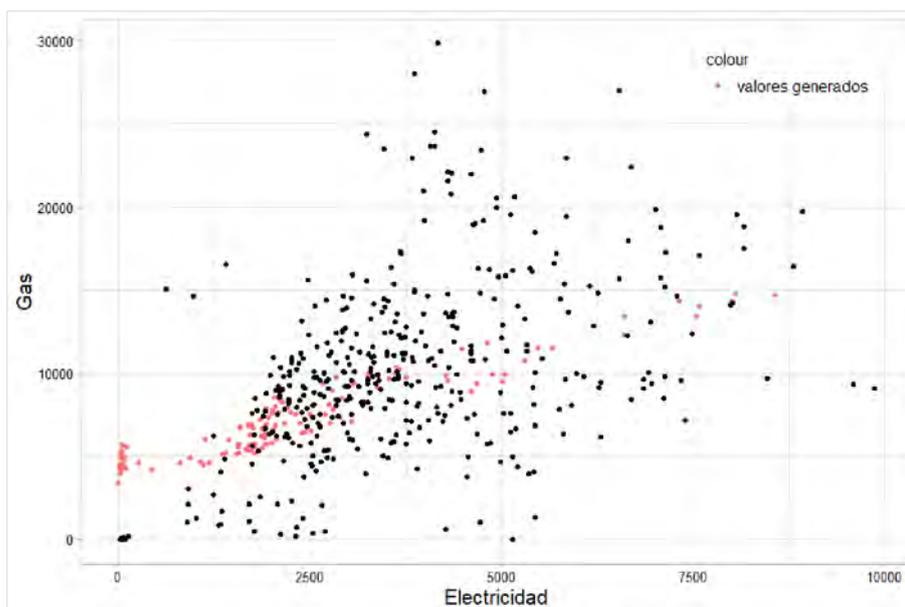


Figura 44. Regresión múltiple para generar datos de consumo de gas. Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.4.1 CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL (kWh/año)

En este apartado se describe el análisis que se realiza sobre la variable Consumo Energético Anual.

En primer lugar, se realizó un ordenamiento y clasificación de los consumos debido a que no todas las viviendas de la muestra poseen la misma cantidad de años de consumo energético y los años en fase de uso son diferentes. Para ejemplificar, una vivienda cuenta con 15 años de información y otra con 28 años y, al realizar análisis estadísticos sobre estos datos, la diferencia podría sesgar los resultados. Bajo este escenario de disparidad de datos, se realizó un análisis de correlación para demostrar la correspondencia entre las variables de Consumo Energético y los Años, por lo que se aplican las pruebas de Shapiro Wilk y Spearman.

La prueba de Shapiro-Wilk se utilizó para contrastar la normalidad del conjunto de datos y saber si la muestra aleatoria proviene de una distribución paramétrica. Cuando el valor de la prueba,  $W$  es menor a 0,05 la muestra no tiene distribución normal, caso contrario, la variable presenta comportamiento normal (Parada Guachalla, 2019). Los resultados de la prueba arrojan valores menores que 0,05, por lo tanto, ambas variables no presentan una distribución normal.

En tanto, el Método de Correlación de Spearman se utiliza cuando se desea medir la relación entre dos variables y no se cumple el supuesto de normalidad en la distribución. La correlación de orden de intervalo de Spearman se encuentra entre -1 y 1 donde, valores cercanos a 1 indican fuerte asociación entre las clasificaciones y valores cercanos a -1 una fuerte asociación negativa. Cuando el valor es 0 significa que no existe relación (Barreto, 2011). Para el análisis, el resultado de correlación fue de 0,6 lo que en base a Estamática (2021), Lalinde et al. (2018) y Sanchez (2015) representa una relación positiva considerable entre ambas variables.

Esta última correlación demuestra que es necesario realizar un recorte que permita a posteriori analizar y comparar los consumos energéticos de una misma cantidad de años, de los mismos años y, en caso de ser posible, de la misma cantidad de viviendas. En este sentido se elaboran 4 grupos de análisis (G1, G2, G3 y G4) de 6 viviendas cada uno. Para definir la separación de viviendas en cada uno de los grupos se considera la cantidad de años que llevan en uso y la cantidad de años con datos de consumo energético, quedando así en un mismo grupo viviendas con diferente tipología y superficie. Como se detalla en la Figura 45, el G1 comprende a las viviendas con 23 años de datos de consumo (desde 1997 a 2020) y son la N° 5, 9, 10, 15, 21 y 23. El G2 comprende a las viviendas con 21 años de datos de consumo (desde 1999 a 2020) y son la N° 2, 4, 12, 14, 16 y 24. El G3 comprende a las viviendas con 19 años de datos de consumo (desde 2001 a 2020) y son

la N° 3, 6, 7, 13, 17 y 20. Por último, el G4 comprende a las viviendas con 11 años de datos de consumo (desde 2009 a 2020) y son la N° 1, 8, 11, 18, 19 y 22.

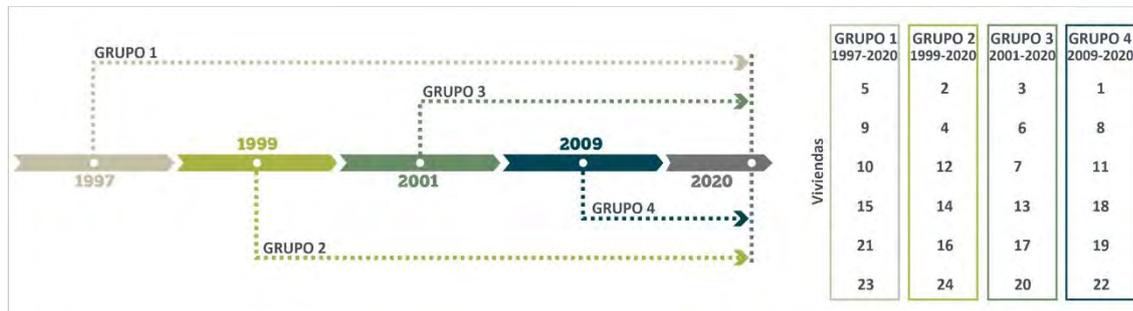


Figura 45. Agrupación de las viviendas para análisis estadístico. Fuente: elaboración propia, 2023.

La Figura 46 muestra los consumos medios anuales por vivienda según su grupo. En este sentido, las viviendas de G1, con mayor cantidad de años presentan en varios casos menores valores de consumo medio energético en comparación con las viviendas del G4 que tienen menor cantidad de años construidas. Esta situación sugiere que en los tiempos actuales se consume más energía que en épocas anteriores. Particularmente, en cada grupo se observa la presencia de valores extremos, superiores e inferiores, independientemente del año o grupo, como es el caso de la vivienda N°2 (G2), 6 (G3) y 19 (G4).

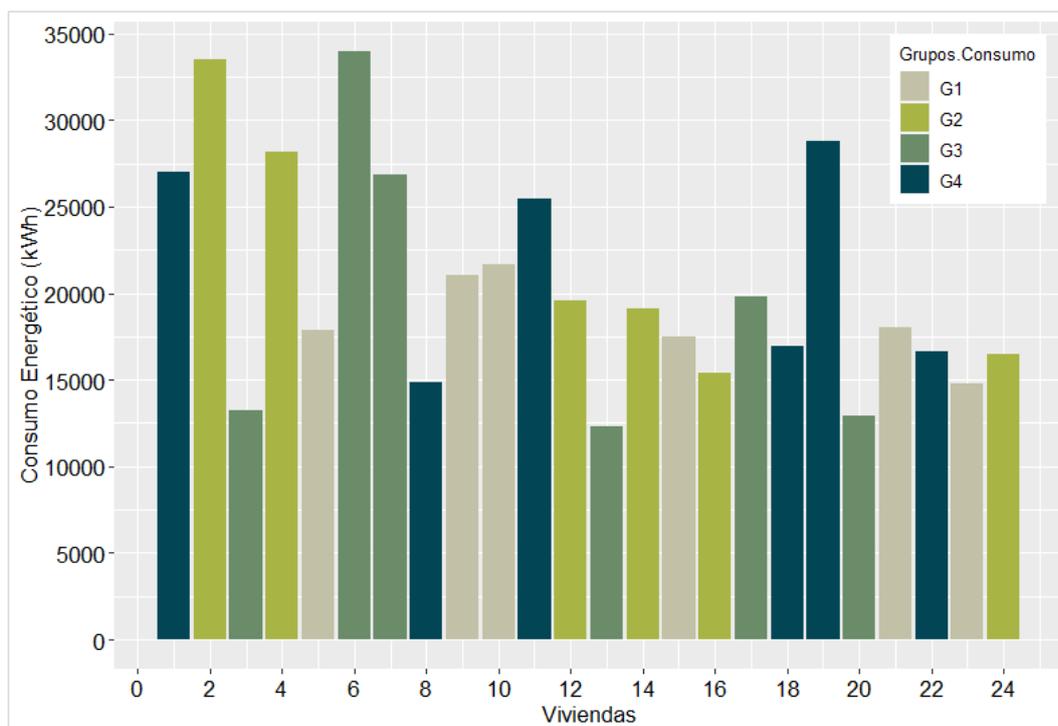


Figura 46. Consumo Energético promedio anual por vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023.

En la Figura 47, se observa la variación temporal anual de los consumos energéticos de las viviendas de acuerdo con el grupo que fueron clasificadas. Todos los grupos presentan una tendencia de crecimiento de consumo energético donde, en el G1, la tendencia de crecimiento es menor. Esta característica de crecimiento es sostenida entre los años 1995 hasta el 2016, luego, a partir de este último año se experimenta una meseta e incluso cambios de tendencia a la baja hasta el 2020. Diversas razones de aspecto económico motivan lo observado en este último período (Bernhardt, 2008) a las que deben agregarse las características climáticas, uso y hábitos del usuario, equipamientos, entre otros.

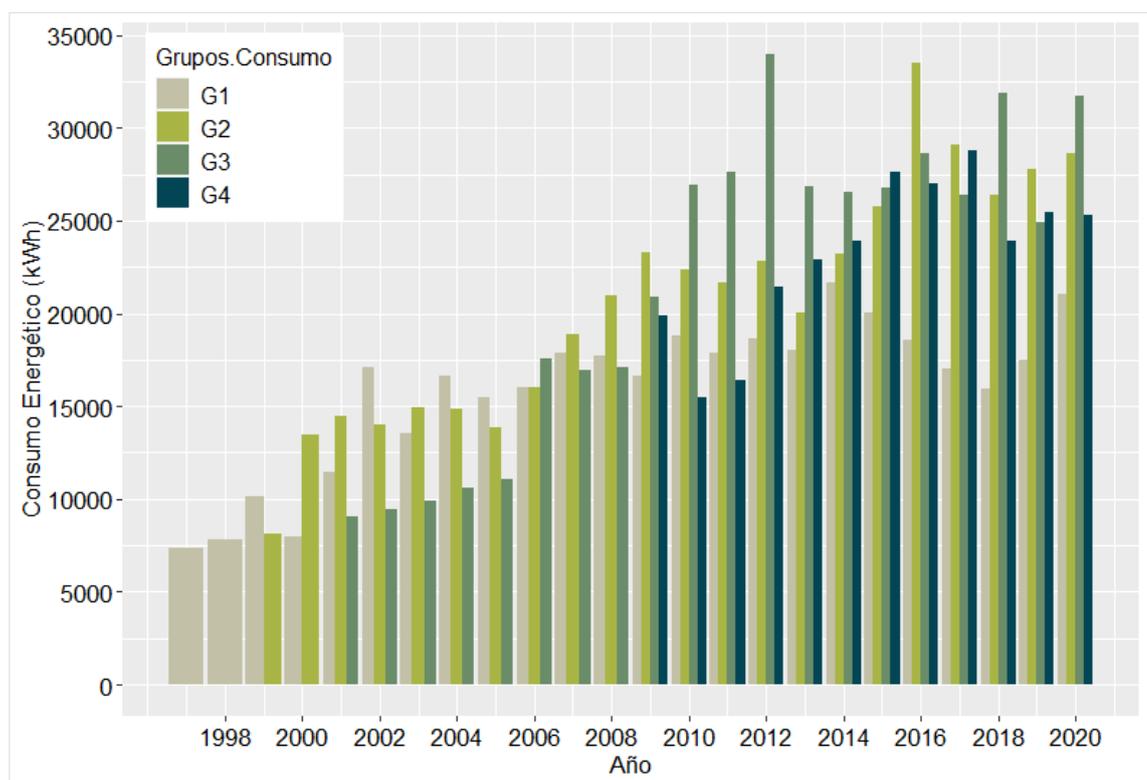


Figura 47. Consumo Energético por año. Fuente: elaboración propia, 2023.

Por otra parte, desde el punto de vista estadístico, los valores de asimetría muestran para el G1 y G4 una distribución predominantemente simétrica, mientras que para el G3 el valor de asimetría de 1,01 indica una distribución asimétrica positiva. Los valores de curtosis señalan para G1, G2 y G3 una curva leptocúrtica. La  $\sigma$  indica que el grupo con mayor dispersión de datos es G3 seguido por G4 (Tabla 19).

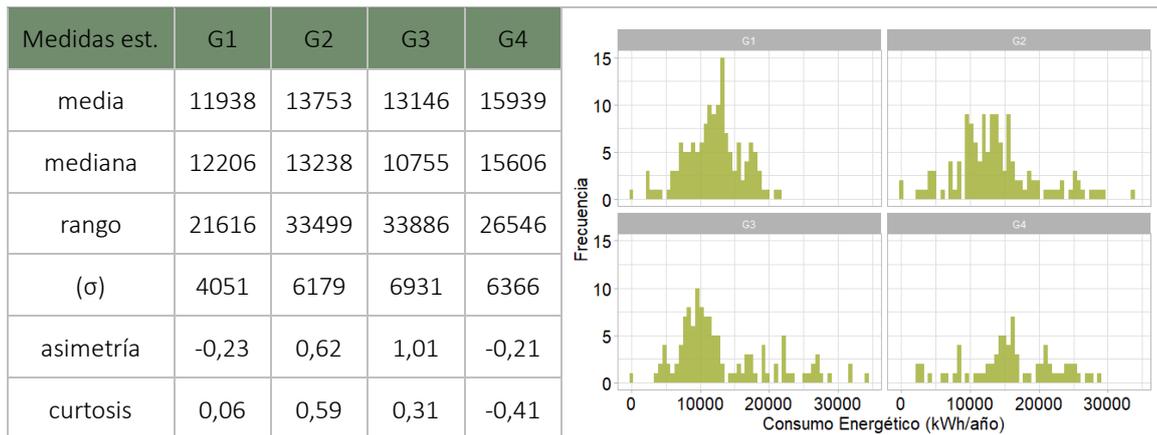


Tabla 19. Medidas estadísticas para el Consumo Energético promedio anual (izq.) e histograma (der.).

Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.4.2 CONSUMO ENERGÉTICO/M<sup>2</sup> (kWh/m<sup>2</sup>)

En la Figura 48 se observan los resultados de las medias de los consumos energéticos de las viviendas por unidad de superficie en m<sup>2</sup>. La imagen superior muestra el valor de esta variable de acuerdo con el grupo que fueron clasificadas las viviendas, mientras que, la inferior, su variación anual. Se observa un fuerte incremento de la variable en la vivienda N°18 debido a que luego de la ampliación pasó de 257 kWh/m<sup>2</sup> a 361 kWh/m<sup>2</sup>, no observándose similitudes por tipología u orientación en los valores.

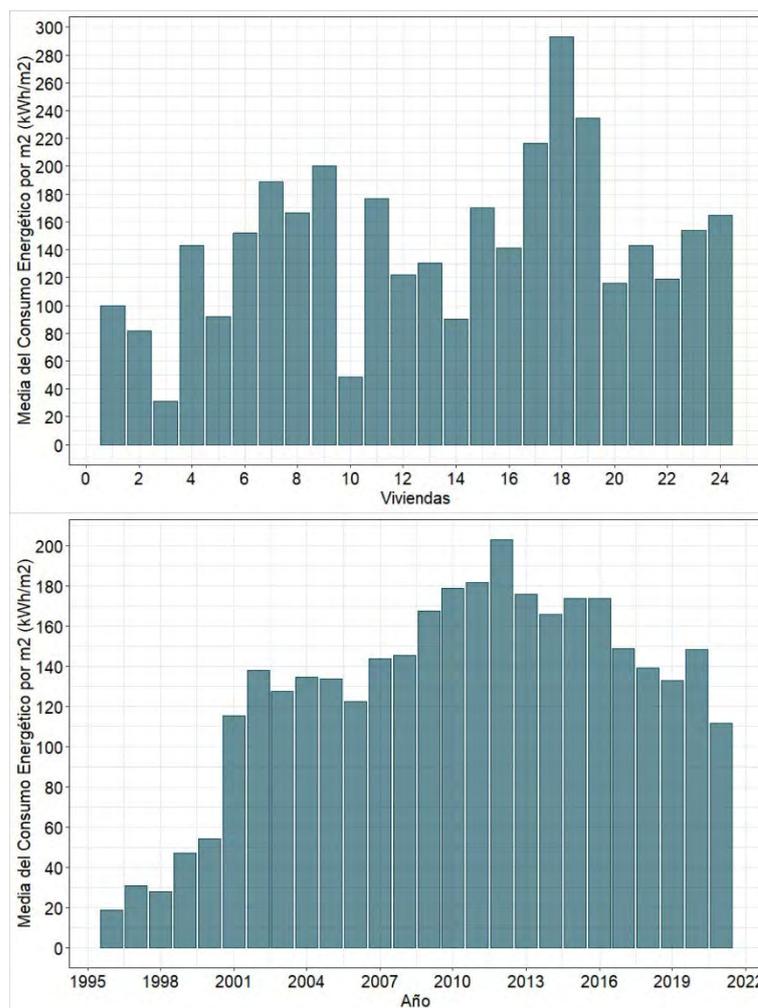


Figura 48. Valores de Consumo Energético/m<sup>2</sup> promedio anual por vivienda (sup.) y por año (inf.). Fuente: elaboración propia, 2023.

Al analizar la media del consumo por m<sup>2</sup> a lo largo del tiempo se detecta un incremento de valores desde el año 2001 hasta el 2011. Esto se debe al incremento que sufrió el sector residencial donde la demanda se incrementó el 41% debido principalmente a las bajas tarifas durante este período (Presidencia de la Nación, 2015).

Otro motivo fue la crisis económica de 2001 que tuvo un impacto significativo en los consumos energéticos del país. En ese contexto el consumo de energía primaria disminuyó un 5% anual entre 2000 y 2002 y la energía final siguió la misma tendencia (Unión Europea, 2012). Todo esto provocó cambios en los precios mayoristas de la energía (Dagdeviren, 2012). No obstante, el consumo de electricidad creció fuertemente un 5,4% anual desde 2002 (Unión Europea, 2012). Esta crisis afectó también a la industria del gas natural, destacando la necesidad de mejores marcos regulatorios (Barrionuevo y Rubio-Barros, 2016).

Además, se podrían analizar la variabilidad de estos consumos según otros aspectos tales como el crecimiento económico del país en términos de Producto Bruto Interno, ya que los mismos se encuentran en estrecho vínculo (Zabaloy, 2019), sin embargo, considerando los límites de la investigación se abordarán a futuro.

En base al histograma, a los valores de la media y la mediana las curvas de G1 y G2 son predominantemente simétricas, mientras que para G3 se observa un sesgo positivo, esto es una curva con cola hacia la izquierda y valores de la media mayores a la mediana. Los valores de asimetría muestran para G2 y G4 valores cercanos a cero, lo que indica que existe la misma concentración de valores a la derecha y a la izquierda de la media. Los valores de curtosis señalan para G1, G2 y G3 una curva leptocúrtica. La  $\sigma$  indica que el grupo con mayor dispersión de datos es G4 seguido por G3 (Tabla 20).

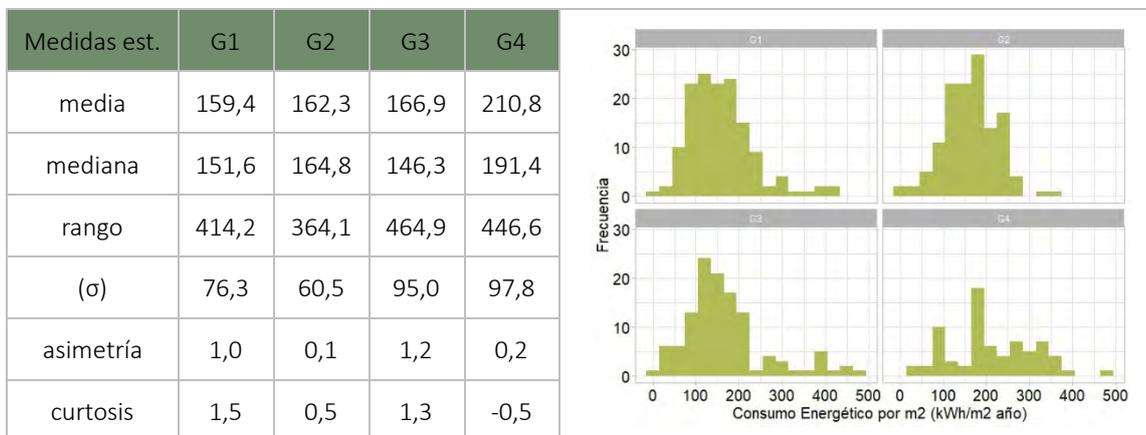


Tabla 20. Medidas estadísticas para el Consumo Energético/m<sup>2</sup> (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.4.3 CONSUMO ENERGÉTICO/HABITANTE (kWh/hab.)

Esta variable hace referencia al consumo energético por habitante. Para obtener los datos de los usuarios residenciales se realizó una encuesta estructurada de donde se obtuvo la cantidad de personas que habitaron la vivienda antes y después de la ampliación. El valor medio de consumo por habitante para las viviendas antes de la ampliación es de 348 kWh/hab.año, mientras que posterior a la ampliación este valor se incrementa a 3.570 kWh/hab.año.

Como se observa en la Figura 49 se destaca el valor medio más elevado de la vivienda N°6 seguido por la vivienda N°22 y N°7. Desde la década del 30 el consumo eléctrico por habitante, a nivel país, se ha incrementado de manera constante (Estrucplan, 2019), lo cual se refleja en la siguiente figura.

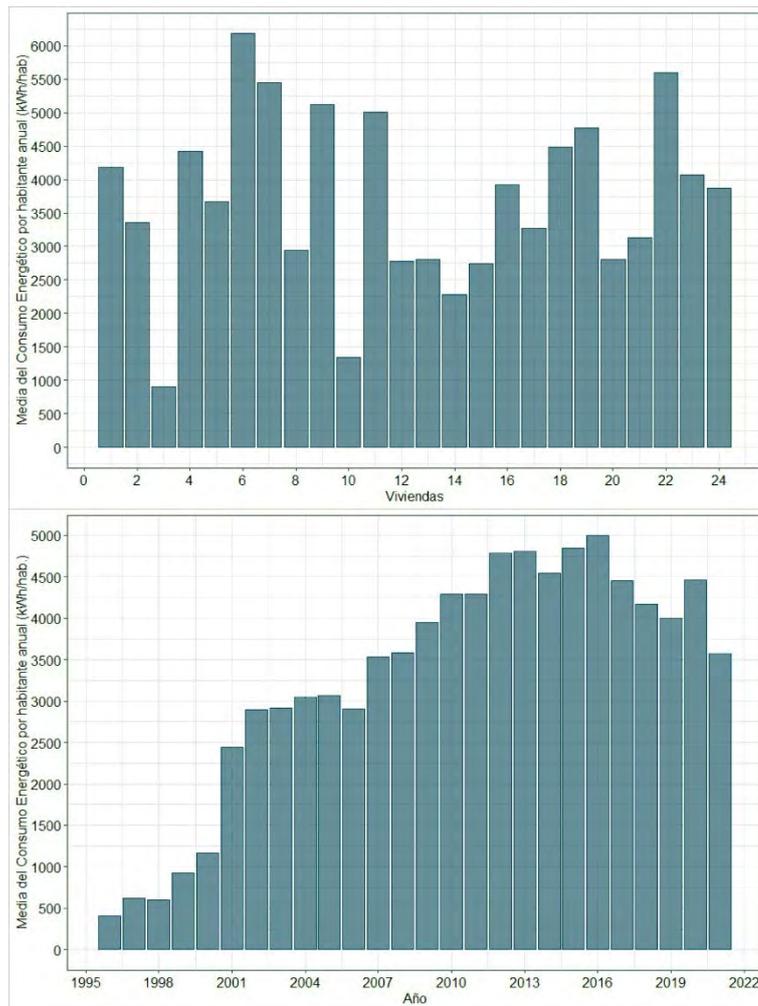


Figura 49. Valores de Consumo Energético/hab. por vivienda (izq.) y por año (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

En el análisis estadístico, los valores de asimetría muestran para el G1 y G2 una curva simétrica, mientras que para el G3 y G4 los valores mayores indican una distribución asimétrica positiva. La desviación estándar revela que el grupo con mayor dispersión de datos es G3 y G4 (Tabla 21).

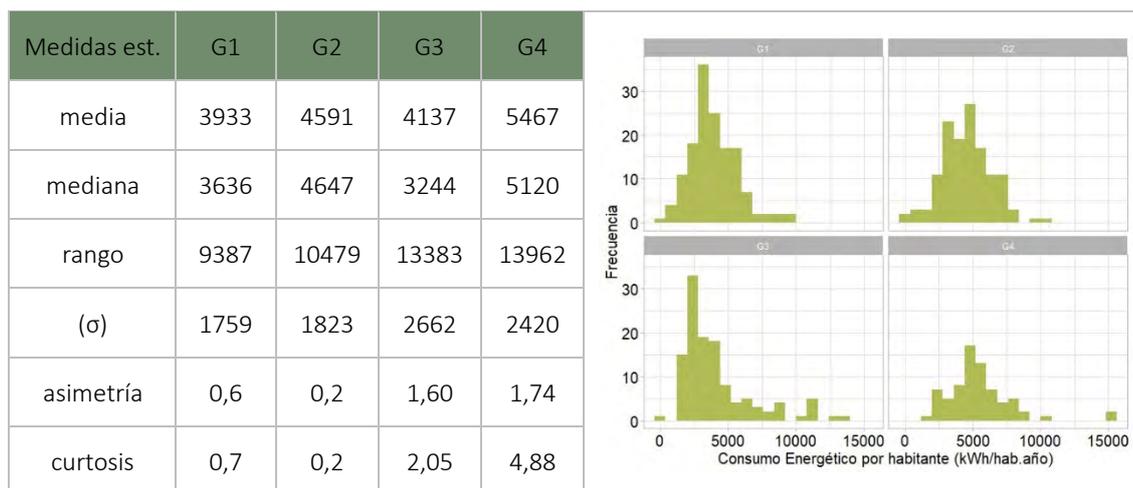


Tabla 21. Medidas estadísticas para el Consumo Energético/habitante (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.5 EVOLUCIÓN SEGÚN EL USO

En el aspecto Uso se analizan las variables que se refieren a los habitantes, la superficie habitable por persona, los cambios de uso, el crecimiento en los espacios de dormitorio y de estar-comedor y, por último, a la incorporación de nuevos usos no tenidos en cuenta inicialmente.

#### 3.5.1 HABITANTES

Para obtener la cantidad de habitantes que residen en las viviendas se realizó una encuesta estructurada en octubre de 2021 y fue repetida en noviembre y diciembre del mismo año en aquellas viviendas donde no se obtienen respuestas en la primera visita. En la encuesta se preguntó, ¿Cuántas personas han habitado la vivienda desde el inicio de la fase de uso a la actualidad?, especificando la cantidad de mayores y menores desde la entrega de la vivienda hasta la 1° ampliación, desde la 1° ampliación a la 2° y así de forma consecutiva.

De las 24 viviendas, se obtuvo una tasa de respuesta del 67% (16 viviendas). Las viviendas restantes, de las que no pueden obtener los datos (ya sea porque los habitantes no quisieron responder a esa pregunta o por no encontrarse nadie en la vivienda en ninguna de las tres visitas realizadas) son completadas con los valores correspondientes a la mediana de los datos obtenidos en el resto de las viviendas. Los cuales se refieren a 2 habitantes pre ampliación y cuatro post ampliación. Estos valores se encuentran dentro del promedio de integrantes de una familia en Argentina (SIEMPRO, 2021).

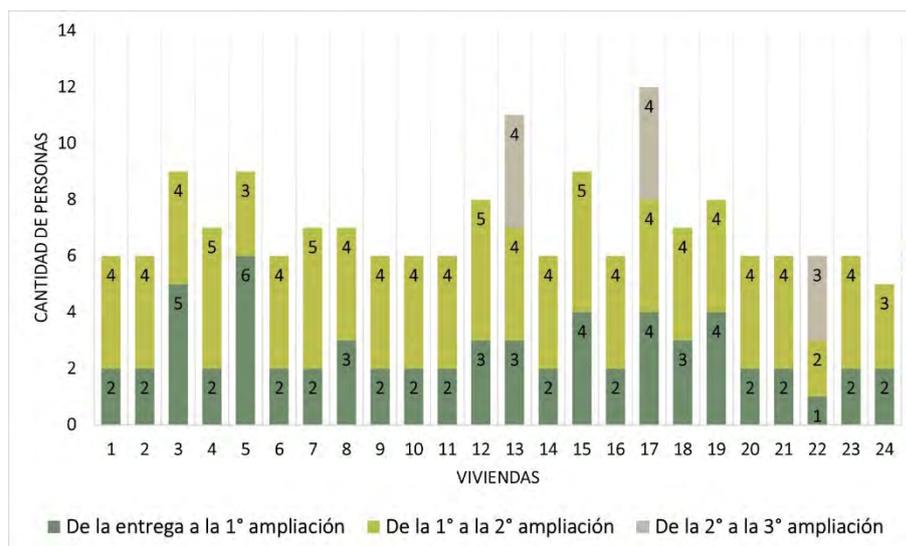


Figura 50. Habitantes pre y post ampliación. Fuente: elaboración propia, 2023.

En la Figura 50 se observa que la cantidad de habitantes, en la mayoría de los casos, se duplicó luego de la primera ampliación. En el caso puntual de la vivienda N°5 la cantidad de habitantes disminuyó con el tiempo. Con base en la Tabla 22, los datos originales representan una curva con asimetría positiva y cola hacia la derecha, mientras que los datos actuales una asimetría negativa y cola hacia la izquierda. En ambos casos el coeficiente de curtosis indica una curva leptocúrtica.

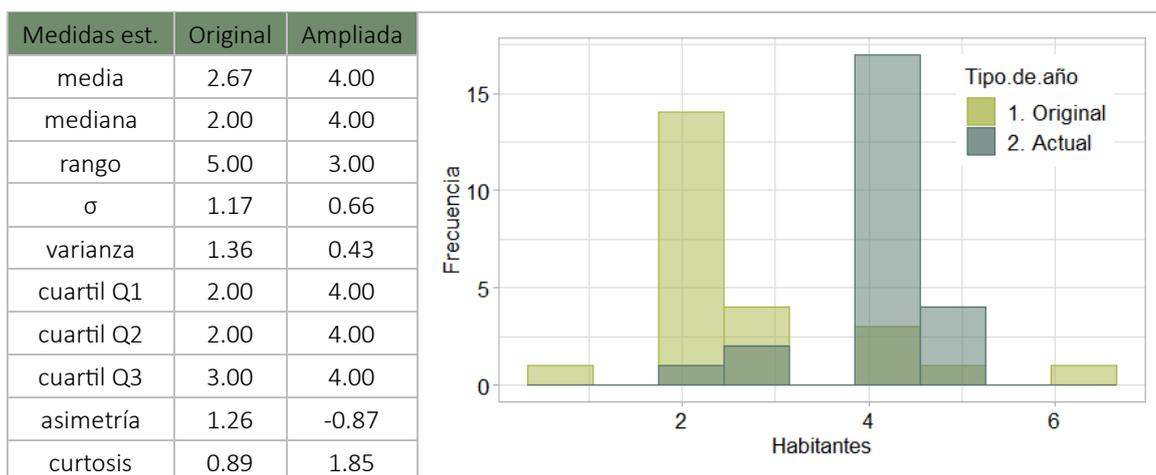


Tabla 22. Medidas estadísticas para Habitantes (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

En complemento, se obtiene el indicador de hacinamiento en base a las directrices propuestas por el INDEC (2021). Como se observa en la Figura 51, no existen condiciones de hacinamiento en las viviendas, ni antes ni después de su crecimiento, ya que en todos los casos el índice es igual o menor a 2. Destaca la vivienda N°5 la cual presenta

hacinamiento en el PO, debido a que el número de habitantes originales es mayor al que existe luego de ampliarse.

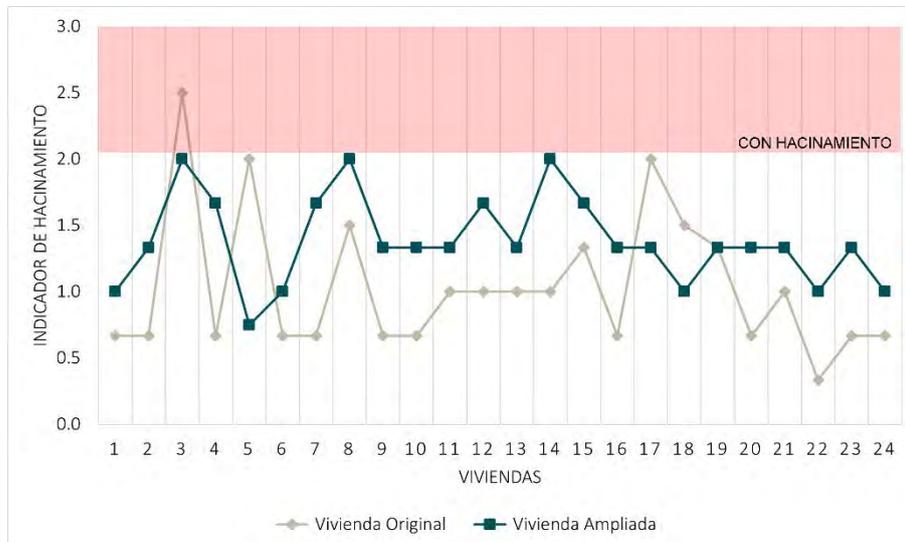


Figura 51. Hacinamiento en viviendas pre y post ampliación. Fuente: elaboración propia, 2024.

### 3.5.2 SUPERFICIE HABITABLE POR PERSONA

La superficie habitable en la mayoría de las viviendas se ha incrementado, salvo en 8 casos donde ha disminuido. Esto sucede en los casos donde el aumento de superficie ha sido menor en comparación con el de habitantes. Estas viviendas pertenecen al barrio CP y del barrio CGTRa. En el resto de las viviendas el incremento de superficie es entre el 11% y el 461% (Tabla 23).

Asimismo, la Norma IRAM 11659 (2004), establece como valor orientativo para viviendas 12 m<sup>2</sup> por persona. En Tabla 23(izq.) se observa que el PO de la vivienda N° 3, 5, 8, 15, 17 y 18 no cumplen con esta recomendación, por el contrario, luego de las ampliaciones, todas las viviendas cumplen con esta sugerencia.

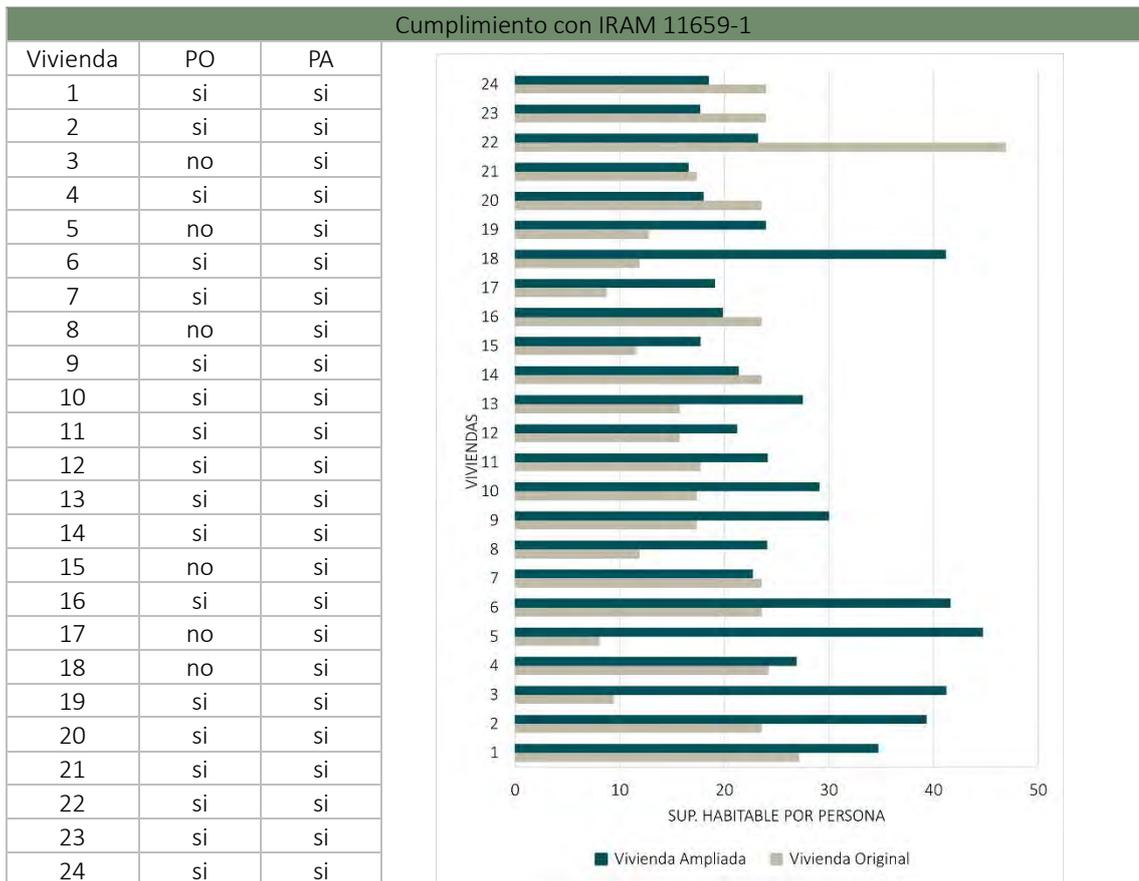


Tabla 23. Cumplimiento de la superficie por persona según Norma IRAM 11659-1 (izq.) y Superficie habitable por persona pre y post ampliación (der.). Fuente: elaboración propia, 2024.

### 3.5.3 CAMBIOS DE USO

En el análisis de esta variable, se comparan los planos arquitectónicos originales y de ampliación. De ellos pueden completarse estos datos, especificando cuál fue la funcionalidad incorporada o cuál fue la que cambió de uso. Del total de viviendas, un 25% incorporó un uso no planificado en el prototipo ampliado, el más significativo es el sector de estudio, donde según los planos de arquitectura se puede verificar que estos espacios incorporan escritorios, bibliotecas y lugares para la computadora (Tabla 24).

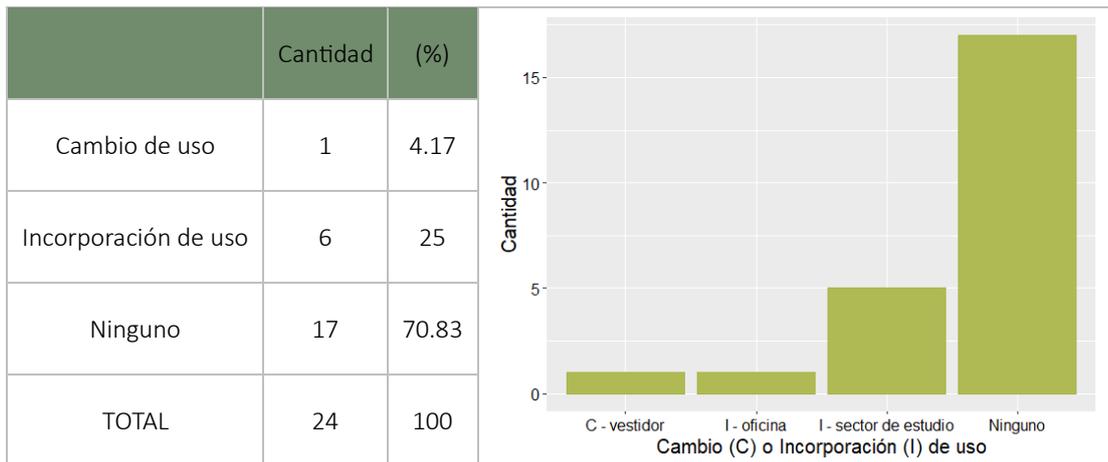


Tabla 24. Cantidad de viviendas con cambio de uso (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

### 3.5.4 ESPACIOS DE DORMITORIO INCORPORADOS

Para esta variable se realizó el mismo procedimiento que en el caso anterior, donde se comparan los planos arquitectónicos originales y ampliados. Como resultado se observa que sólo el 33% de las viviendas incrementan la superficie de descanso. La cual pasó de 21 m<sup>2</sup> promedio en los PO, a 39 m<sup>2</sup> en los PA (Figura 52).

Como se observa en Tabla 25, los datos originales forman una curva con asimetría negativa y según curtosis platicúrtica. Esto se revierte en el escenario ampliado donde la curva presenta una asimetría positiva y leptocúrtica y con mayor concentración de los datos en torno a la media.

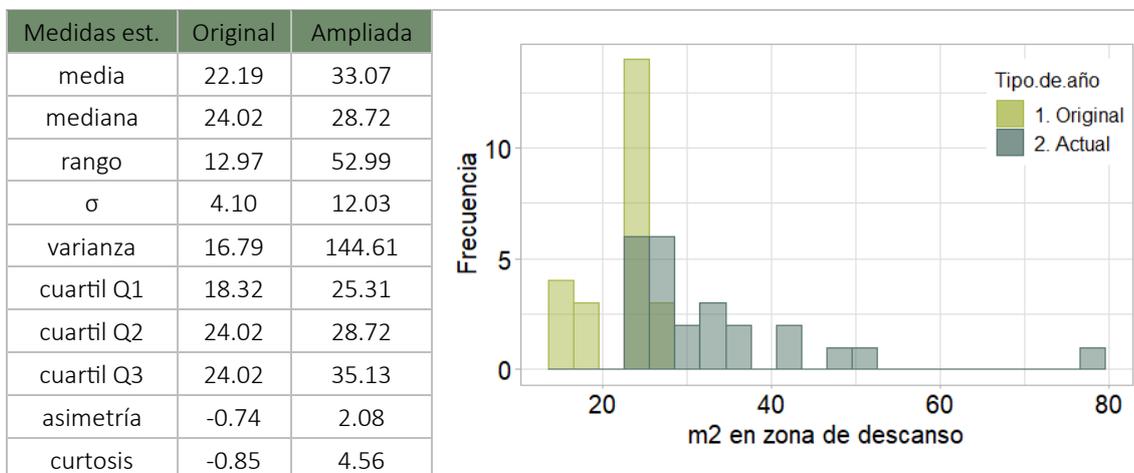


Tabla 25. Medidas estadísticas para m<sup>2</sup> en zona de descanso (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.



Figura 52. Esquemas de dormitorios en el PO y en el PA. Fuente: elaboración propia, 2024.

### 3.5.5 ESPACIOS DE ESTAR-COMEDOR INCORPORADOS (m<sup>2</sup> Y %)

En la Figura 53 se observa como la superficie en m<sup>2</sup> originales de las zonas de estar sufren incrementos en todas viviendas. Al ampliarse, las viviendas han incorporado entre 7 m<sup>2</sup> y 55 m<sup>2</sup> al espacio destinado para estar-comedor. En promedio, dicha superficie para el PO era de 15,6 m<sup>2</sup> mientras que para el PA la superficie se incrementa a 40 m<sup>2</sup>. Fuertes incrementos en esta variable pueden observarse en las viviendas N°1, 9, 18 y 19 donde dicho espacio creció entre un 408% y 486%.

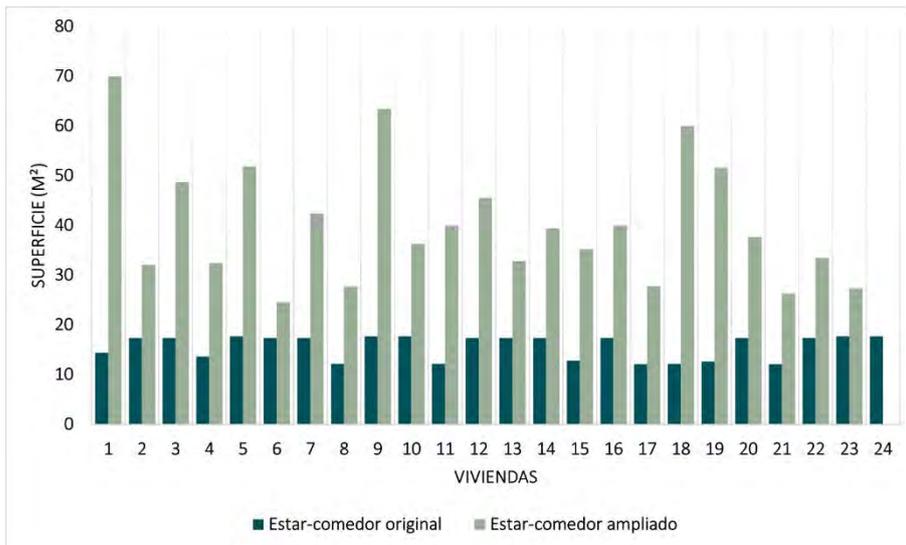


Figura 53. Superficie incorporada en estar-comedor. Fuente: elaboración propia, 2023.

La asimetría es de  $-0,74$  para los datos originales lo que representa una curva de distribución sesgada a la derecha, mientras que para los datos ampliados la curva es sesgada a la izquierda. Por otra parte, la curtosis en el escenario original es platicúrtica, mientras que en el escenario ampliado es leptocúrtica (Tabla 26).

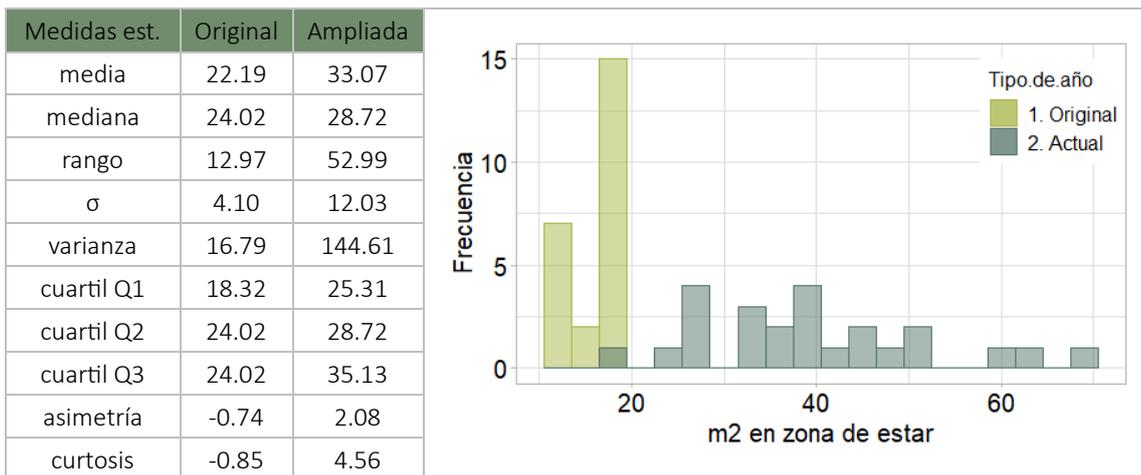


Tabla 26. Medidas estadísticas para  $m^2$  en zona de estar (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.

Como se observa en Figura 54, en general en todas las viviendas se mantiene la superficie original destinada a estar y comedor, a la cual, luego de la ampliación se le adicionan  $m^2$ .

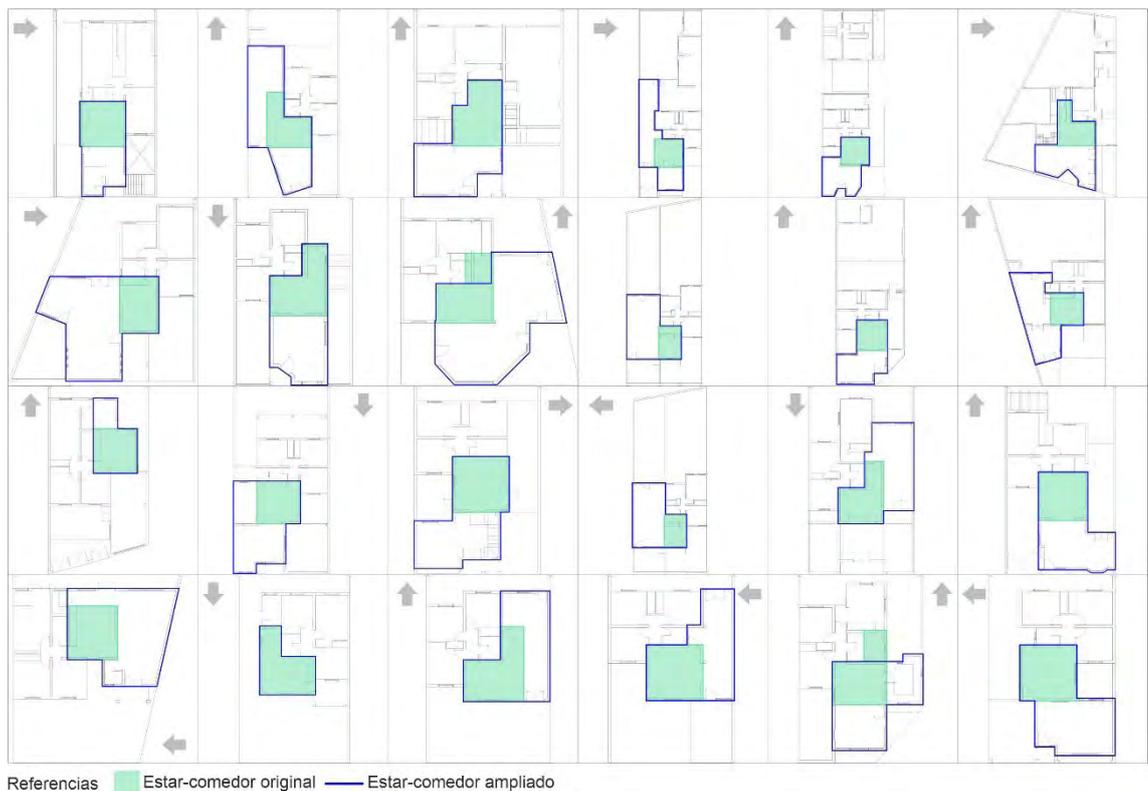


Figura 54. Esquemas de estar comedor en el PO y en el PA. Fuente: elaboración propia, 2024.

### 3.5.6 NUEVOS USOS

En esta misma línea, se destacan cuatro usos que predominan en las viviendas ampliadas. De las 6 viviendas que tienen planta alta, 4 incorporan balcón o terraza. Respecto a patios internos, 7 viviendas reúnen este tipo de espacios para la iluminación y ventilación de los espacios ampliados. En cuanto a la cochera, los PO no consideran este uso, sin embargo, luego de las ampliaciones son 17 las viviendas que cuentan con cochera cubierta. Otra particularidad del proceso de crecimiento es la aparición de depósitos o lugares de guardado al fondo del terreno, donde puntualmente existen 8 viviendas de la muestra que incorporan este uso, cuya construcción se visualiza separada del PA.

### 3.6 LA TRANSFORMACIÓN DE LA VIVIENDA IPV

Luego del estudio de las 22 variables a las unidades de análisis, antes y después de sus procesos de crecimiento, se concluye que, las viviendas IPV se amplían entre los 10 y 15 años de entregadas y si bien aproximadamente el 80% de ellas amplió en más de una oportunidad, se observó que la primera ampliación es la significativa, en términos de superficie y de organización espacial. Igualmente, los prototipos originales de menor

superficie son los que poseen mayor superficie de ampliación. En cuanto al incremento de superficie, los mismos varían entre un 20% y 305%.

Respecto a la forma de ampliación, las viviendas han crecido hacia los laterales en vez de hacia adelante o atrás. De modo tal, que luego de las ampliaciones, todas las viviendas de la manzana urbana forman una “tira” continua de construcción. Esto se considera beneficioso desde la mirada térmica ya que se reduce la superficie expuesta al exterior, particularmente en el período invernal mientras la superficie al norte se mantenga expuesta para aprovechar la ganancia térmica. Mientras que, en el período estival se considera favorable controlar la superficie expuesta al oeste para evitar el sobrecalentamiento.

En cuanto a las variables de la categoría envolvente, el FF, el FC, el FAEP y el K en techos han variado de forma beneficiosa comparado con los valores del PO. Esto indica que, al ampliar, las viviendas lo han hecho de forma compacta, se han mantenido relaciones proporcionales entre volumen y envolvente, entre superficie de piso y envolvente y los materiales constructivos elegidos para la cubierta de techo son de mejor calidad térmica que los del PO. En la misma línea, el FA ha presentado valores mayores a los del PO en la orientación norte y sur, lo que indica la necesidad de revisar este aspecto vinculado a la iluminación y ventilación.

Por otra parte, el FE y el K de muros se han mantenido constantes antes y después de las ampliaciones. Esto alude a que, la superficie expuesta y la envolvente se han incrementado proporcionalmente y que los materiales constructivos para los muros son los mismos en el PO y en el PA (muro de ladrillón de 0,20 m de espesor). Sin embargo, los valores antes y después de la ampliación, que rondan entre 2,1 W/m<sup>2</sup>K y 2,7 W/m<sup>2</sup>K, son demasiado elevados ya que superan el valor recomendado de la Norma IRAM 11605 (2002b) para la calidad de construcción C “mínima” de 2 W/m<sup>2</sup>K.

Del análisis de los consumos energéticos se llega a que los mismos se han incrementado desde 1995, independientemente de la tipología o la cantidad de habitantes. También, se observa que gran cantidad de viviendas incorporan espacios de estudio, con escritorios y computadoras. Estos nuevos usos se realizan en forma combinada con otros y no de manera aislada o independiente, ya que en muchos casos se superponen, por ejemplo, el área de descanso y el área de estudio o, el área de estar y el área de estudio.

El espacio que sufrió mayores cambios fue el estar comedor, pasando de una superficie promedio de 15,6 m<sup>2</sup> a 40 m<sup>2</sup> post ampliación. En contraposición, los espacios de descanso no se ven afectados en tal magnitud. Además, respecto al uso, mayormente la cantidad de habitantes se duplicó luego de la 1° ampliación, manteniéndose constantes en el 2° y 3° crecimiento de la vivienda.



# 04

---

## AGRUPAMIENTO Y ESTRATEGIAS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE



## SÍNTESIS

El Capítulo se estructura en tres apartados, donde el primero de ellos desarrolla la etapa de análisis estadístico. Para esto, se ordenan, clasifican y organizan los datos, se transforman y normalizan las variables, se elabora un análisis bivariado y se estudian los valores atípicos.

Además, se desarrollan los modelos estadísticos multivariados que nos permitirán dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas inicialmente, entre ellas, ¿Cuáles de las viviendas han sido ampliadas más eficientemente? Y ¿Qué parámetros las caracterizan?

En este marco, se elaboran tres modelos de clúster para el agrupamiento de las viviendas, el Clúster N°1 indica las viviendas de ampliación óptima, el Clúster N°2 las de crecimiento eficiente medio y el Clúster N°3 agrupa las viviendas de ampliación regular. Seguidamente se realizan tres modelos de regresión lineal múltiple, aplicado a cada agrupamiento donde se identifican las variables que presentan mayor influencia en los consumos energéticos.

Por último, se elaboran estrategias de crecimiento eficiente en base a los resultados obtenidos en las etapas previas y a normativas nacionales e internacionales en la temática. Los lineamientos se detallan según cada variable de análisis, cada grupo, cada clúster y por tipología.

## INTRODUCCIÓN

Este capítulo aborda la comprensión del universo de análisis a partir de técnicas estadísticas, más específicamente el análisis multivariado de clúster y de regresión lineal múltiple. Se busca conocer la problemática de la ampliación de la vivienda clasificando las tipologías ampliadas con características similares en función de los interrogantes: ¿Cuáles de las viviendas han sido ampliadas más eficientemente?, ¿Qué parámetros las caracterizan?, ¿Qué comportamiento energético las caracterizan? Estos agrupamientos permitirán conocer las condiciones de base para luego proponer pautas de crecimiento para el comportamiento mejorado de todas las tipologías comprendidas en este grupo. En principio se organiza la base de datos para proceder a los análisis.

### 4.1 ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS

Previo al análisis estadístico multivariado es necesario preparar la base de datos (BD) con la cual se trabaja, ya que esto garantiza la calidad y confiabilidad de los datos (Khan, 2023). Para ello, se realizan estudios previos, que se muestran a continuación y que en el Capítulo N°2 se han descrito con mayor profundidad.

#### 4.1.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Se identifican tres tipos de variables, aquellas categóricas con datos fijos durante la fase de uso de la vivienda, por ejemplo, la tipología arquitectónica. En segundo lugar, las continuas con datos en la situación original y ampliada de la vivienda, por ejemplo, la superficie. Por último, las variables continuas de datos extendidos donde los mismos se alteran año a año desde el inicio de la fase de uso (Figura 55).

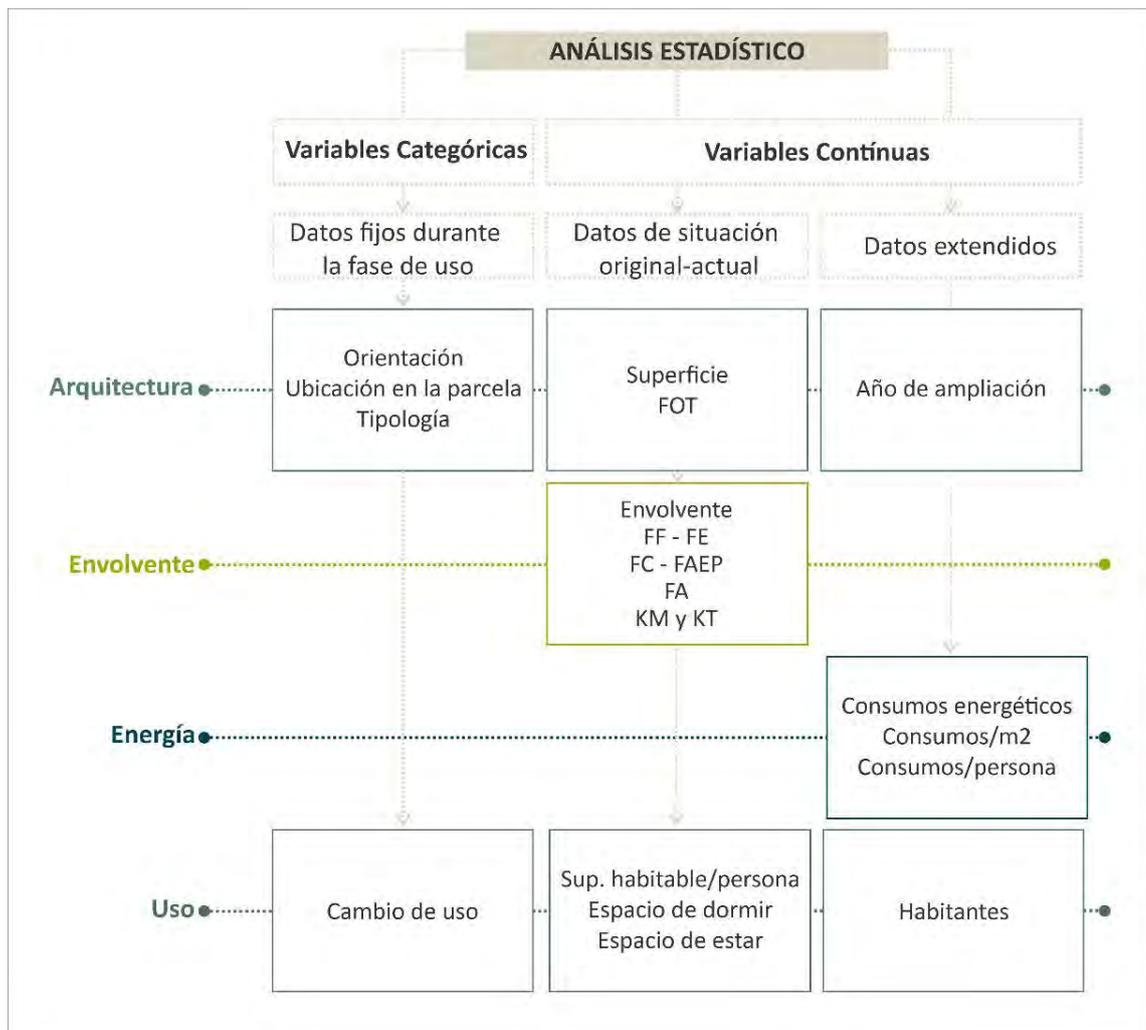


Figura 55. Tipos de variables de análisis. Fuente: elaboración propia, 2023.

#### 4.1.2 TRANSFORMACIÓN DE VARIABLES

Seguidamente se transforman las variables categóricas a continuas, por practicidad y orden en las bases de datos del software R y además porque los datos cuantitativos son más estructurados, concisos, objetivos y describen información concluyente que no está abierta a la exploración (ProProfs, 2022).

Para las variables; orientación, ubicación en la parcela, cambio de uso y tipología se utilizó el tipo de transformación por estandarización donde los datos se reemplazan por valores numéricos que no representan ninguna jerarquía (Hurtado Ortiz, 2022). En la Tabla 27 se detallan los valores adoptados para cada variable.

Variables				
Orientación	Ubicación en la parcela	Cambio de uso	Tipología (nomenclatura)	
norte: 1	Pareada dos lados: 1	Ninguno: 1	20N: 1	MSL: 5
sur: 2	Pareada un lado: 2	Vestidor: 2	CGTRa1: 2	PJF1: 6
este: 3	Aislada: 3	Sector de estudio: 3	CGTRa2: 3	PS: 7
oeste: 4	-	Oficina: 4	CP: 4	VA: 8

Tabla 27. Variables categóricas a numéricas. Fuente: elaboración propia, 2023.

#### 4.1.3 ANÁLISIS BIVARIADO

Se realiza el análisis estadístico bivariado para comprobar si existe relación entre dos conjuntos de valores. Este análisis involucra las variables independiente X y dependiente Y, donde la relación puede ser de distinta naturaleza: lineal, cuadrática, exponencial, logarítmica o trigonométrica.

Por la naturaleza de esta investigación interesa la relación lineal, por lo que se lleva a cabo un Análisis de Correlación Lineal (ACL). El mismo se usa para medir la fuerza de asociación entre las variables, dado que en muchos casos dicho estudio es usado para desarrollar un modelo estadístico para predecir los valores de una variable dependiente basados en los valores, de al menos, una variable independiente (Hernández López y Jimenez García, 2016). El objetivo es ver si existe o no una relación de carácter lineal entre las dos variables, y si existe, medir el grado de intensidad de la linealidad.

El grado de correlación se evaluó utilizando el método de Pearson (Benites, 2021). Seguidamente se procedió a realizar los ACL entre las variables de los cuatro grupos de estudio, para lo cual se utilizó el coeficiente de correlación lineal de Pearson, que sirve para cuantificar tendencias lineales.

#### Correlación de variables del grupo Arquitectura

Como resultado se obtiene que para las variables del grupo Arquitectura, existe una correlación positiva fuerte de 0,94 entre la Superficie y el FOT y una correlación positiva moderada de 0,58 entre la Ubicación de la vivienda en la parcela y el FOT (Figura 56). En el primer caso se considera que la existencia de correlación entre variables implica causalidad, ya que el FOT es la relación de la superficie edificable y la superficie total de la parcela (Gonzalez, 2019). Por el contrario, en el segundo caso se considera que no existe causalidad.

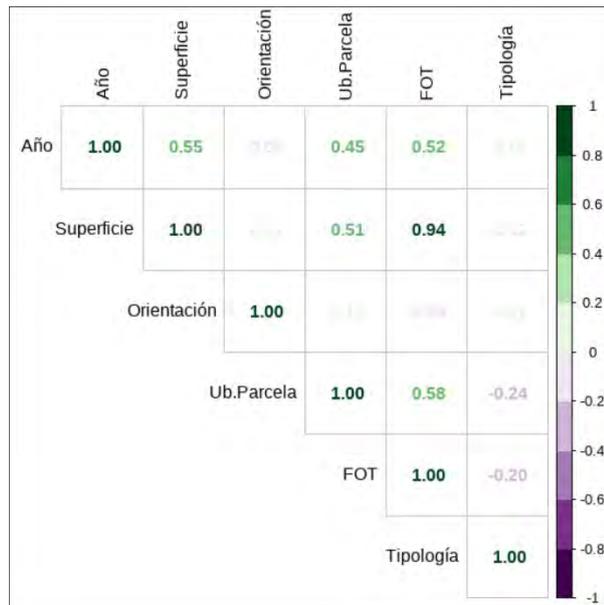


Figura 56. Matriz de correlación de variables del grupo Arquitectura. Fuente: elaboración propia, 2023.

### Correlación de variables del grupo Envoltente

Como se observa en la Figura 57 para el grupo Envoltente existe un fuerte vínculo entre tres variables: FC, FAEP y FF. Primeramente, se observa que existe una correlación negativa fuerte de -0,98 entre la variable FC y FAEP. De igual forma, entre el FF y FC existe una correlación negativa fuerte de -0,89 y para el FF y FAEP existe una correlación positiva fuerte de 0,89. Esto tiene coherencia si se considera que el elemento común entre estos tres factores es la envoltente, presente en todos ellos. En los casos donde la correlación es negativa es debido a que la envoltente se encuentra en el denominador y en otros casos en el numerador (por ejemplo, entre el FAEP y el FC o el FF y el FC).

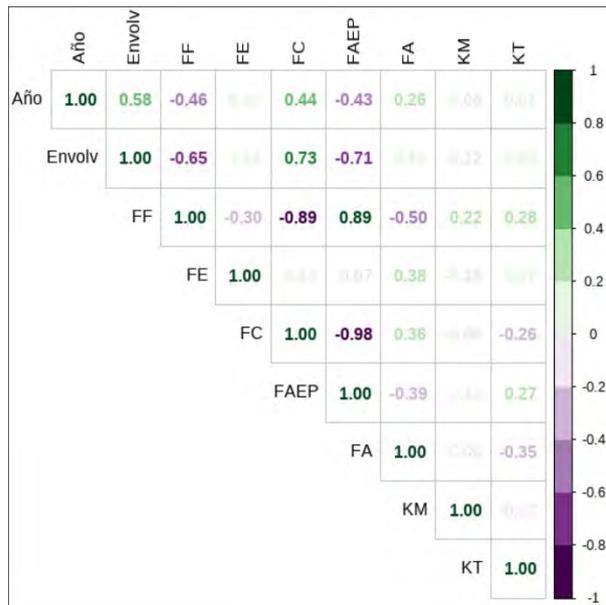


Figura 57. Matriz de correlación de variables del grupo Envoltente. Fuente: elaboración propia, 2023.

### Correlación de variables del grupo Energía

Del análisis de la matriz de correlaciones del grupo Energía se observa que existe una correlación positiva moderada de 0,67 entre las variables de Consumo con Consumo por m<sup>2</sup> y Consumos por habitante (Figura 58).

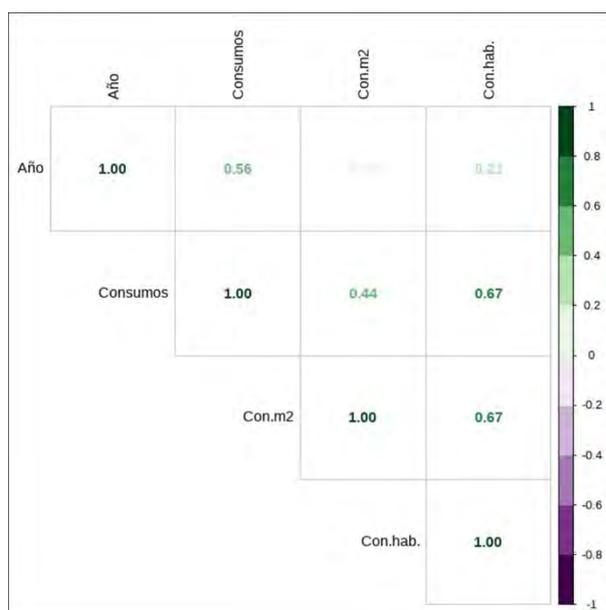


Figura 58. Matriz de correlación de variables del grupo Energía. Fuente: elaboración propia, 2023.

### Correlación de variables del grupo Uso

Para el grupo Factor de Uso, la mayor relación se da entre la variable m<sup>2</sup> de espacios de dormir y la superficie habitable por persona con una correlación positiva moderada de 0,68 (Figura 59).

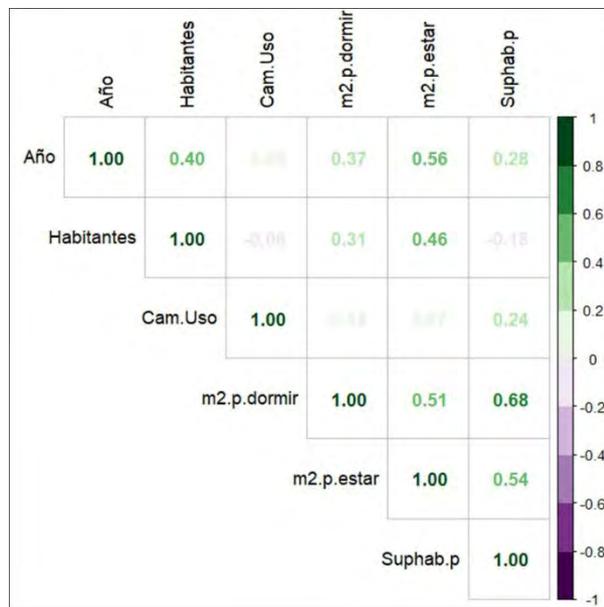


Figura 59. Matriz de correlación de variables del grupo Uso. Fuente: elaboración propia, 2023.

De forma consecutiva, se realiza un modelo bivariado entre la totalidad de las variables (no por aspecto, como se realizó previamente) para analizar colinealidad entre variables (Figura 60).

Del análisis realizado precedentemente se extraen las siguientes conclusiones, salvo las relaciones entre las variables del grupo Envoltente explicadas en la Figura 57, el resto arroja valores de correlación positiva. También se observa que las mayores relaciones se dan entre variables del grupo Arquitectura y Factor de Uso, mientras que las variables del grupo Envoltente, en la mayoría de los casos, se relacionan entre sí y no con las de otro grupo.

En lo particular, las variables que tienen una mayor relación lineal con la Superficie son: FOT ( $r= 0,94$ ), envoltente ( $r= 0,96$ ), m<sup>2</sup> en zona de dormir ( $r= 0,83$ ) y m<sup>2</sup> en zona de estar ( $r= 0,83$ ). Estas relaciones tienen sentido ya que en todos los casos son variables directas, dependientes del aumento o disminución de los m<sup>2</sup> en una vivienda. De esta forma, las variables que tienen una mayor relación con el FOT son; la envoltente ( $r= 0,95$ ) y los m<sup>2</sup> en zona de estar ( $r= 0,82$ ). Como particularidad se detecta que la variable m<sup>2</sup> en zona de estar se relaciona en igual medida con el FOT, con la superficie y con la envoltente.

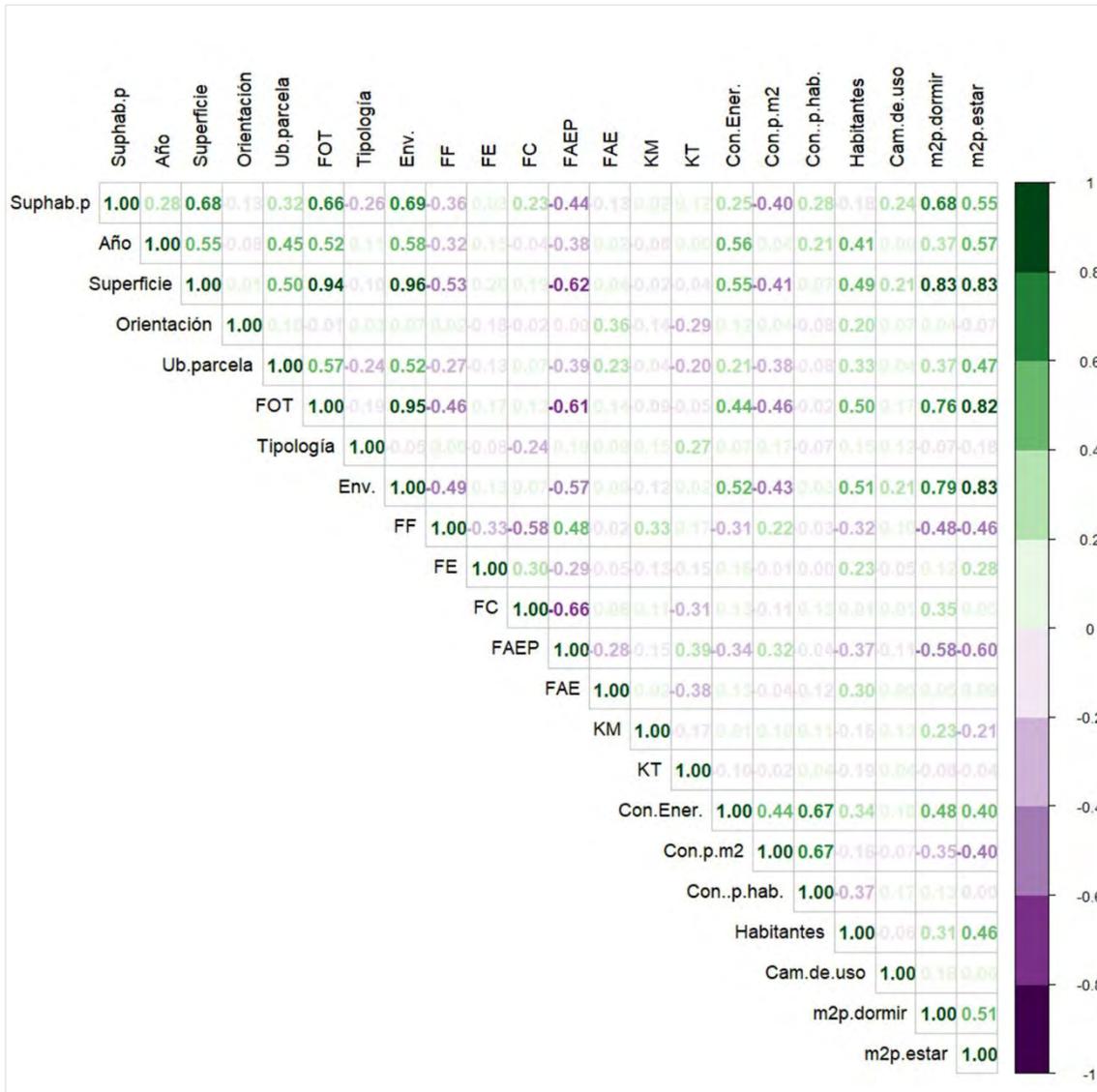


Figura 60. Matriz de análisis bivariado. Fuente: elaboración propia, 2023.

#### 4.1.4 VALORES ATÍPICOS

Los valores atípicos son observaciones inconsistentes con el resto de los datos y pueden sesgar las estimaciones del modelo. La presencia de valores atípicos influye en el resultado, malinterpretando los patrones en las gráficas y afectando la resolución visual de los datos (Arimie et al., 2020). Para esto, en el software R, se utiliza el paquete Performance el cual posibilita calcular índices de calidad del modelo y la bondad de ajuste (Lüdecke, 2021). En el Anexo II se encuentran los reportes de cada grupo donde se observa que el modelo no presenta valores atípicos en ninguna de sus variables.

#### 4.1.5 NORMALIZACIÓN DE VARIABLES

La normalización permite ajustar los valores medidos en diferentes escalas respecto a una escala común, lo cual permite compararlos independientemente de sus escalas (Brijesh, 2023). Para esto se utiliza el método de Normalización Z-Score y se descartan otros métodos porque, como se observó previamente, no existen datos atípicos. Seguidamente se verifica que la normalización esté correcta al corroborar que para todos los valores la media es de 0 y la desviación estándar es de 1. Luego de los ajustes y verificaciones realizadas al modelo, se llega a una matriz de 505 filas por 25 columnas, dando un total de 12.625 elementos. Finalmente, se considera que la base de datos es robusta y se procede con los análisis estadísticos multivariados.

#### 4.2 ANÁLISIS MULTIVARIADO. MODELO DE CLÚSTER

Se realizan diversos MC con el objetivo de agrupar las viviendas de similares características y comportamientos y de distinguir entre viviendas ampliadas de manera óptima, media y regular en términos de EE. Para elaborar los modelos, primeramente, se definen las variables que se utilizan para agrupar los datos. De forma consecutiva se seleccionan las medidas adecuadas de proximidad entre las diferentes observaciones (Tabla 28) y finalmente se crean los clústeres, con los valores que cumplen las restricciones especificadas.

	Variable	Valor de Crec. Óptimo	Valor de Crec. Medio	Valor de Crec. Regular	Fuente
Arq.	Orientación	norte	sur- este- oeste		Norma IRAM 11603 (2012)
	Posición en la parcela	pareada dos lados	pareada un lado	aislada	Home Energy (2019)
Envolvente	FF	hasta 0.5	0,5- 0,8	mayor a 0.8	Maristany y Angiolini (2017)
	FA (%)	20- 30	30- 40	mayor a 40	Norma IRAM 11604 (2001)
	FAEP	hasta 2	mayor a 2		Esteves y Gelardi (2013)
	FC	75-100	50-75	menor a 50	Czajkowski y Gomez (2002)
	K Muros (W/ m <sup>2</sup> K)	0,5- 1,25	1,25- 2	mayor a 2	Norma IRAM 11605 (2002)
	K Techos (W/ m <sup>2</sup> K)	0,19- 0,48	0,48- 0,76	mayor a 0,76	Norma IRAM 11605 (2002)

Energía	Consumo Energético (kWh/año)	hasta 5.400	mayor a 5.400		ADEERA (2019)
	Consumo Energético /per. (kWh/habitante. Año)	hasta 2.200	2.200-2.800	mayor a 2.800	KronosHomes (2021) Datos macro (2021)
	Consumo Energético p/m <sup>2</sup> (kWh/ m <sup>2</sup> )	hasta 95	95-150	mayor a 150	ONU (2022) (IEA, 2023c)
Uso	Sup. Habitable /per. (m <sup>2</sup> /persona)	mayor a 35	25- 35	menor a 25	Valores obtenidos del Capítulo N°3

Tabla 28. Valores de referencia para las variables de análisis. Fuente: elaboración propia, 2023.

Para el análisis de MC una variable representa una restricción. Debido a que se obtienen 12 variables, cada clúster se compone por 12 restricciones. Las mismas pertenecen al grupo de arquitectura, envolvente, energía y uso. Las variables que no se incluyen hacen referencia a la forma de habitabilidad espacial y no existen valores eficientes en este aspecto (por ejemplo, no hay un número óptimo de habitantes en las viviendas post ampliación). Al respecto se subraya que, las restricciones se basan en la bibliografía y normativas de referencia para el país y para la zona de estudio, por lo que, de aplicarse en otra región los valores de referencia se modifican. En la Figura 61 se presentan las viviendas por clúster organizadas de acuerdo con los valores de Tabla 28.

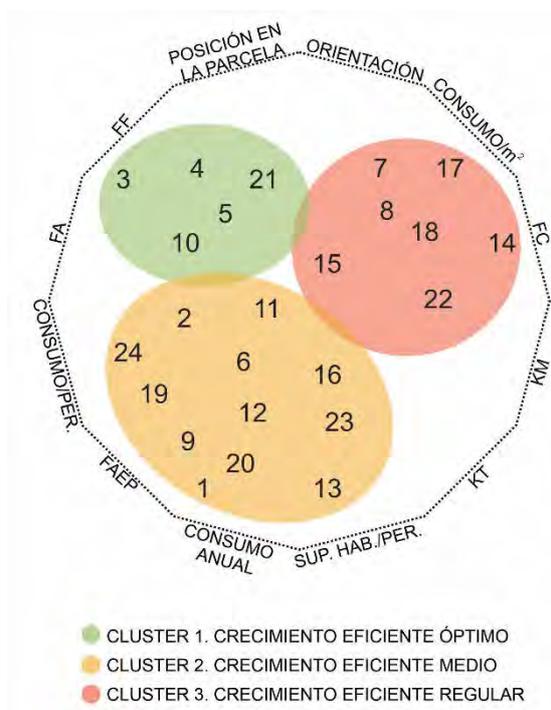


Figura 61. Agrupamiento de viviendas en clúster. Fuente: elaboración propia, 2024.

#### 4.2.1 GENERALIDADES DE LOS CLÚSTER

##### CARACTERIZACIÓN SEGÚN LOS ASPECTOS DE ANÁLISIS

###### Arquitectura

Las viviendas del Clúster N°1 (C1) son las que más superficie amplían, lo hacen más rápido y menos veces. Además, el 60% de las viviendas poseen planta alta. Por el contrario, las viviendas del Clúster N°3 (C3) se caracterizan por ser las que más años tardan en ampliar, poseer la menor cantidad de superficie cubierta ampliada, pero la mayor cantidad de superficie semicubierta ampliada, correspondiente principalmente a espacios de cocheras, galerías y aleros. Además, en estas viviendas el FOT creció en menor proporción (esto es lógico ya que el mismo depende de la superficie). Las viviendas del Clúster N°2 (C2), en todos los casos presentan situaciones intermedias entre el C1 y el C3.

###### Envolvente

Las viviendas del C2 y C3 muestran valores similares, diferenciándose el C1, el cual destaca por gran superficie de envolvente, superficie expuesta y volumen (debido a que posee mayor superficie cubierta). Acerca de la superficie de aberturas y de ventanas son muy similares en los tres clústeres, sin embargo, al analizar la distribución de ventanas por orientación, se encuentran diferencias notables. El C1 tiene un promedio de 17 m<sup>2</sup> de ventanas al norte mientras que C2 y C3 tienen 11 m<sup>2</sup>. El C2 tiene mayores valores de ventanas al sur y al este, mientras que el C3 posee gran superficie vidriada al oeste. Además, el C3 presenta mejores factores de FF y FAEP.

En referencia al sistema constructivo, los muros, pisos, ventanas y puertas son de similares características en los tres agrupamientos, mientras que, en la cubierta de techo, se observan diferencias constructivas. Destaca el C1 donde predomina el techo de losa cerámica y el de teja en igual medida, mientras que en el C2 y C3 al ser todas ampliaciones de una planta, convive la cubierta del PO (de losa de hormigón armado) con la cubierta de la ampliación, que predominantemente es de losa cerámica y losa de hormigón armado. Los valores de K en el C1 y C3 son muy similares, mientras que el C2 presenta los valores máximos para muros, techos y puertas.

###### Energía

El C1 es el agrupamiento que presenta menores valores promedios de consumo energético anual, consumo por m<sup>2</sup> y consumo por persona. Mientras que el C2 es el que presenta valores más elevados de consumo promedio anual y consumo promedio por

persona. El C3 es el agrupamiento con los mayores valores de consumo por m<sup>2</sup> siendo el agrupamiento con menor superficie ampliada promedio.

## Uso

En todos los clústeres permanece constante la cantidad de habitantes promedio. Por otra parte, en el C1 y C3 gran cantidad de viviendas amplió el dormitorio, pero en menor superficie, en el C2, menor cantidad de viviendas amplian dormitorios, pero con mayor superficie. En esta línea, el C1 ha incorporado mayor superficie habitable por persona, por el contrario, el C3 es el que menos superficie habitable por persona presenta. En todos los clústeres, las viviendas han incrementado el estar comedor en las mismas proporciones respecto a la superficie (ver Tabla 29).

Observaciones		C1	C2	C3
Cantidad de viviendas		5	12	7
Representatividad en la muestra		21%	50%	29%
Arquitectura	Tipologías	CGTRa- PSF	CP- 20N- MSL	CP- PS- VA
	Sup. cubierta ampliada promedio (m <sup>2</sup> )	106	93	73
	Sup. semicub. ampliada promedio (m <sup>2</sup> )	15	14	19
	Existencia de planta alta	si (el 60%)	si (el 25%)	no
	Sup. cubierta PA ampliada promedio (m <sup>2</sup> )	36	44	no
	FOT Promedio	194%	166%	144%
	Año de ampliación promedio	12	14	18
	Viviendas con 2° ampliación (%)	60	75	100
	Viviendas con 3° ampliación (%)	20	17	43
	Viviendas pareada 2 lados (%)	80	67	71,4
	Sup. de ventanas ampliadas promedio (m <sup>2</sup> )	12	13	12
	Sup. de aberturas ampliadas promedio (m <sup>2</sup> )	20	20	18
	Envolvente	Sup. envolvente ampliada promedio (m <sup>2</sup> )	341	299
Sup. expuesta ampliada promedio (m <sup>2</sup> )		299	272	255
Volumen (m <sup>3</sup> )		328	294	275
FF		1,05	1,05	1,04
FC		66	66	68
FE		0,88	0,91	0,89
FAEP		3	2,98	2,84
FA norte		17	11.2	11.7
FA sur		16,2	19,6	16,4
FA este		5,7	9	8,7
FA oeste		8	6.7	9
K muro (W/m <sup>2</sup> K)		2,49	2,51	2,49
K techo (W/m <sup>2</sup> K)		1,14	1,22	1,14

	K piso (W/m <sup>2</sup> K)	2,61	2,61	2,61
	K ventanas (W/m <sup>2</sup> K)	5,17	5,23	5,25
	K puertas (W/m <sup>2</sup> K)	5,26	5,38	5,26
Energía	Consumo energético promedio (kWh/año)	11.456	13.904	12.660
	Consumo energético/m <sup>2</sup> promedio	127,03	168,02	204,13
	Consumo energético/persona promedio	3.439	4.619	4.526
Uso	Habitantes post ampliación	4	4	4
	Sup. habitable ampliada promedio (m <sup>2</sup> )	32	26	24
	Indicador de hacinamiento promedio	1,42	1,28	1,52
	m <sup>2</sup> incorporados al estar promedio	23	24	24
	m <sup>2</sup> incorporados al dormitorio promedio	11	26	12
	viviendas que amplían el dormitorio	60%	25%	58%

Tabla 29. Caracterización de los clústeres. Fuente: elaboración propia, 2024.

## CARACTERIZACIÓN SEGÚN AGRUPAMIENTO

### CLÚSTER N°1

Las viviendas han crecido de forma óptima (en cuanto al uso de la energía), representa el 21% de la muestra, son las viviendas N° 3, 4, 5, 10 y 21. La primera pertenece al Barrio CP, la segunda al PJF y las últimas tres al CGTRa. En cuanto al volumen y la superficie de ventanas, se observa que la tipología del barrio CP y CGTRa presentan muchas similitudes. Mientras que las tres tipologías presentan valores de KM, FC, FF y FE equivalentes.

Desde el aspecto arquitectónico se observa que tienen orientación norte y crecimiento hacia los dos laterales del terreno, por lo que presentan menor superficie expuesta. Se observa que 3 de las 5 viviendas son en planta alta y que la superficie en este grupo presenta un incremento comprendido entre 42 m<sup>2</sup> y 155 m<sup>2</sup>. El FOT ha aumentado un 194%. Además, todas las viviendas disponen de espacios semicubiertos. Las ampliaciones se realizan entre los 9 y los 16 años de entregada la vivienda y en el 60% de los casos se realizó más de una ampliación.

En cuanto a la envolvente las viviendas poseen un FA entre 20% y 30% en su fachada norte. En lo referido a la superficie vidriada, en el total de la vivienda, la misma se ha incrementado entre un 33% y 258% y los m<sup>2</sup> de envolvente han crecido entre un 66% y un 172%. Sin embargo, ninguna vivienda cumple con las restricciones del FF, del KM, KT ni del FAEP. Desde el aspecto de la energía, presentan consumos energéticos anuales promedios de 11.456 kWh/año, consumos por m<sup>2</sup> promedios de 127kWh/ m<sup>2</sup> y consumo por habitante promedios menor a 3.439 kWh/habitante año.

Acerca del uso se observa que la superficie habitable por persona ( $m^2$ /persona) en todos los casos es mayor a  $35 m^2$ . Además, en 3 de las 5 viviendas amplían las zonas de dormir, mientras que 4 de 5 amplían las zonas de estar-comedor, entre  $14$  y  $34 m^2$ .

## CLÚSTER N°2

El grupo de viviendas cumple con las condiciones de crecimiento eficiente medio en cuanto al uso de la energía (especificadas en Tabla 28), son la N°1, 2, 6, 9, 11, 12, 13, 16, 19, 20, 23 y 24 y representan el 50% de la muestra. De estas 12 viviendas, 6 pertenecen al Barrio CP, 3 son del barrio CGTRa y el resto corresponden a la tipología del 20N, PS y MSL. La tipología del barrio CP y CGTRa presentan similitudes y mientras que la tipología PS presenta valores de superficie, de superficie habitable, de superficie de ventanas, de envolvente y de volumen menores al resto.

Las viviendas del C2 se orientan al este, oeste y sur y el incremento de su superficie varía entre los  $12 m^2$  y los  $193 m^2$ . Asimismo, solo el 25% de las viviendas tienen ampliación en planta alta y menos de la mitad de los casos posee superficie semicubierta. En cuanto al FOT el mismo se ha incrementado entre un 20% y un 305% y referido a los años de ampliación, las mismas crecieron entre los 8 y los 22 años de recibida la vivienda y el 75% de las viviendas amplían por segunda vez, mientras que solo 2 viviendas realizan una tercera modificación.

Respecto al aspecto envolvente, las viviendas del C2 poseen un FF entre 0,8 y 1,25, valores de transmitancia en techos mayores a 0,57 y menores a 1,72, valores de FAEP mayor a 2,7 y un FC entre 60 y 76. Por el contrario, ninguna vivienda cumple la restricción del KM y el FA. En cuanto a la superficie de ventanas el incremento ha sido entre 9% y 257%, con un aumento promedio del 157%.

En relación con el aspecto energía tiene consumos anuales mayores a  $5.400 kWh/año$ . De esta manera, cumplen con la restricción de poseer valores de energía entre  $95 kWh/m^2$  y  $150 kWh/m^2$  y sus habitantes consumen entre  $2.200 kWh/hab. año$  y  $2.800 kWh/hab. año$ .

Respecto al aspecto uso, en 8 viviendas los habitantes se incrementan de 2 a 4 luego de la primera ampliación. En el resto de las viviendas el aumento fue de una persona por vez. En alusión a los cambios de uso, 10 de 12 viviendas acrecientan las dimensiones del estar-comedor, en particular el aumento fue entre  $7 m^2$  y  $55 m^2$ .

### CLÚSTER N°3

Este grupo de viviendas, que representa el 29% de la muestra, son las viviendas N° 7, 8, 14, 15, 17, 18 y 22, las cuales pertenecen al Barrio CP, 2 al PS y las dos restantes al barrio VA y CGTRa. En cuanto a la arquitectura, es el grupo que menores valores presenta referido al incremento de superficie (entre 32 m<sup>2</sup> y 110 m<sup>2</sup>) y el FOT varía entre el 55% y 228%. En cuanto al año de ampliación, las mismas se realizan entre los 12 y los 21 años de entregada la vivienda.

En lo referido a la envolvente este grupo de viviendas cuenta con menor superficie de aberturas, superficie de envolvente y superficie expuesta (aunque también posee menor superficie ampliada), sin embargo, el FC es mayor a los otros dos grupos, mientras que el FF y el FAEP son los menores de los tres clústeres. Por otra parte, los valores de K son similares a los del C1.

En lo concerniente al aspecto energía tiene consumos energéticos anuales mayores a 5.400 kWh/año, puntualmente el promedio es de 12.660 kWh/año. Asimismo, el valor promedio de energía por unidad construida es de 204 kWh/m<sup>2</sup> (es el mayor de los tres clústeres) y sus habitantes consumen en promedio 4.526 kWh/ hab.año.

En referencia al uso, y a diferencia de los demás agrupamientos donde los habitantes residenciales se incrementan durante los procesos de crecimiento de la vivienda, en este caso, en tres viviendas los habitantes disminuyen. Además, en todas las viviendas los espacios de estar sufren incrementos, entre 15 m<sup>2</sup> y 48 m<sup>2</sup>, no obstante, estas cifras son menores comparadas con los demás agrupamientos.

En conclusión, de este apartado, la elaboración de los clústeres permite agrupar las viviendas en base a comportamientos similares y comprender cuales son las viviendas que amplían con criterios de uso eficiente de la energía. Este agrupamiento permite vislumbrar el universo de análisis y a partir de allí establecer categorías con estrategias de mejora para ampliaciones eficientes en la vivienda social.

Además, se observa que, para el clúster de crecimiento óptimo, las restricciones del FF, del KM, KT ni del FAEP, no son satisfechas y en el clúster de crecimiento eficiente regular la restricción del KM y el FA tampoco, por lo cual estas son variables para considerar en el próximo apartado de lineamientos para un crecimiento eficiente.

### 4.3 ANÁLISIS MULTIVARIADO. MODELOS DE REGRESIÓN LINEAL MÚLTIPLE

Los MRLM se realizan con el objetivo de detectar cuales son las variables que presentan correlaciones más altas con los consumos energéticos. Se realizan tres MRLM, una por cada clúster. En la Tabla 30 se muestran los resultados obtenidos y la ecuación que describe la variabilidad del consumo energético en la vivienda IPV, durante la fase de uso. Asimismo, en el Anexo 2 se presentan las capturas obtenidas del software con los resultados del modelo.

Cluster	R <sup>2</sup>	p-value	Variables significativas	Ecuación
C1	0,585 ≈ 0,6	< 2,2e-16	1 Envolverte	$\text{Consumos Energéticos C1 (kWh)} = -(1.0 * \text{Envolverte}) - (9.5 * \text{FAEP}) + (3.4 * \text{Orientación}) + (6.7 * \text{FOT}) - (9.1 * \text{FC})$
			2 FAEP	
			3 Orientación	
			4 FOT	
			5 FC	
C2	0,779 ≈ 0,8	< 2,2e-16	1 mts <sup>2</sup> en dormitorio	$\text{Consumos Energéticos C2 (kWh)} = (8.1 * \text{mts}^2 \text{ en dormitorio}) - (3.2 * \text{KT}) + (4.4 * \text{Año de ampliación}) + (4.1 * \text{FE}) + (2.8 * \text{KM})$
			2 KT	
			3 Año de ampliación	
			4 FE	
			5 KM	
C3	0,668 ≈ 0,7	< 2,2e-16	1 Año	$\text{Consumos Energéticos C3 (kWh)} = (8.7 * \text{años}) + (6.1 * \text{Ubicación en la parcela}) - (8.4 * \text{Orientación})$
			2 Ub. en la parcela	
			3 Orientación	
			4 -	
			5 -	

Tabla 30. Modelos de regresión por clúster. Fuente: elaboración propia, 2024.

Para el C1 el modelo arroja un R2 de 0,6, lo que representa una correlación positiva moderada. Es así como las variables de análisis pueden explicar el 60% de los cambios observados en los consumos energéticos. Además, el p-value del modelo es significativo (< 2.2e-16) por lo que se puede aceptar que el modelo no es por azar. Las variables que mayor correlación presentan con los consumos energéticos son la envolvente, el FAEP, la orientación, el FOT y el FC.

Para el C2 se obtiene un R2 de 0,8, lo que representa una correlación positiva fuerte. Es así como las variables de análisis pueden explicar el 80% de los cambios observados en los consumos energéticos. Además, el p-value del modelo es significativo (< 2,2e-16) por lo que se puede aceptar que el modelo no es por azar. Las variables que mayor correlación presentan con los consumos energéticos son el incremento de superficie en los dormitorios, la transmitancia térmica en muros y techo, el FE y el paso de los años.

Para el C3 el valor resultante de R2 es de 0,7, lo que representa una correlación positiva fuerte. Es así como las variables de análisis pueden explicar el 70% de los cambios

observados en los consumos energéticos. Además, el p-value del modelo es significativo ( $< 2.2e-16$ ) por lo que se puede aceptar que el modelo no es por azar. Las variables que mayor correlación presentan con los consumos energéticos son el paso de los años, la ubicación en la parcela y la orientación.

#### 4.4 ESTRATEGIAS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE

A partir de identificar y comprender el comportamiento de las viviendas de los tres clústeres es posible establecer categorías de ampliaciones eficientes. Las mismas se proponen específicamente para cada uno de los tres grupos detectados (clústeres) en el formato de estrategias de ampliaciones eficientes. De esta forma, se detallan los lineamientos por grupo (arquitectura, envolvente, energía y uso). En el Anexo 3 se especifican los lineamientos por variables y las fuentes de donde se obtienen.

##### 4.4.1 LINEAMIENTOS POR GRUPOS DE VARIABLES

De forma introductoria, se plantean las estrategias generales a los tres clústeres que serán consideradas de acuerdo con los aspectos propuestos para el análisis del aspecto: arquitectura, envolvente, energía y uso.

Como estrategias de diseño, desde el aspecto **arquitectura**, se proponen ampliaciones con una posición en la parcela de adosamiento lateral continuo para minimizar la superficie expuesta. Referido a la orientación, se prefiere la N, seguida por la NE y NO. Además, se recomienda la protección solar horizontal en la fachada norte y utilizar colores claros en la envolvente. En cuanto al FOT, se aconseja verificar la normativa regional donde se establecen los valores máximos, así como asegurar su cumplimiento. Esto también aplica a la creación de patios internos, balcones y el resto de los espacios habitables.

En cuanto a las características de la **envolvente**, se sugiere asegurar la inercia térmica y evitar los puentes térmicos e integrar la superficie ampliada al PO generando una construcción uniforme de alta compacidad, es decir con un FC próximo a 100. En cuanto al FA, las aberturas con orientación norte, deben representar entre un 15% y 30% de la superficie opaca. Para las de orientación oeste, este y sur el FA no debe ser menor al 15% para asegurar la iluminación y ventilación natural. El FAEP debe tomar valores menores a 2, lo que indica una relación armoniosa entre la superficie de piso y la envolvente. Mientras que para el FF se sugieren buscar valores pequeños que representen un vínculo equitativo entre la envolvente y el volumen de la vivienda.

En cuanto al aspecto **energía**, las variables de este grupo se verán modificadas por las estrategias previamente mencionadas, y se espera que los distintos grupos de viviendas puedan mejorar sus rendimientos energéticos, reduciendo los mismos en el orden del 54%, respecto al consumo actual.

Finalmente, referido al **uso**, si bien los habitantes varían durante toda la fase de uso de la vivienda, debe considerarse que cada persona requiere, como mínimo, de 15 m<sup>2</sup> como factor de ocupación residencial. En esta línea debe cuidarse la cantidad de habitantes por dormitorio para evitar el hacinamiento. Además, los diversos espacios funcionales deben considerar su flexibilidad para integrar las diversas actividades y usos que demanden el grupo familiar en su conjunto y de forma individual. Esto debe considerarse especialmente para el área social diurna. Se cree fundamental que, considerando estos aspectos, sea posible crear un ambiente confortable y fresco en el interior de la vivienda, reduciendo la necesidad de utilizar sistemas de climatización, contribuyendo así a la sostenibilidad y a la EE.

#### 4.4.2 LINEAMIENTOS POR CLÚSTER

Si bien los lineamientos detallados se consideran integrales para cualquier proceso de ampliación y permiten sobreponerlos para conseguir mejores resultados, también es viable agruparlos por clúster como respuesta a un modo de crecimiento basado en las variables representativas para ese conglomerado. Las variables representativas que permiten caracterizar cada clúster se obtienen de los MRLM elaborados previamente.

**CLÚSTER N°1.** Se caracterizan por poseer la mayor cantidad de superficie cubierta ampliada en la menor cantidad de tiempo. Al crecer, en estas viviendas predomina la PA, gran cantidad de superficie de envolvente, expuesta y volumen. En las cubiertas de techo predomina la losa cerámica y la teja. Gran cantidad de viviendas amplían el dormitorio y posee el valor mayor de mayor superficie habitable por persona. Por tal, se sugieren ampliaciones que consideren especialmente los valores objetivos del FAEP, tomando de referencia el valor de 2. Asimismo, de ser posible, lograr una relación armoniosa entre la superficie del terreno y la superficie construida respetando los valores de FOT sugeridos por la DPDU en base a las medidas del terreno y la zona urbana. En cuanto a la orientación se recomienda la norte (N), seguida por las orientaciones nor-este (NE) y nor-oeste (NO). En cuanto a la envolvente se propone generar viviendas compactas, con valores de FC cercanos a 100.

**CLÚSTER N°2.** Las viviendas destacan por tener los mayores valores de ventanas al sur y al este. Y, en promedio, 17 m<sup>2</sup> de ventanas al norte. En la cubierta de techo, coexiste la cubierta del PO y la cubierta de la ampliación, que predominantemente es de losa cerámica y losa de hormigón armado. Además, estas viviendas poseen los valores máximos de transmitancia para muros, techos y puertas. En este caso, menor cantidad de viviendas amplían el dormitorio, pero en mayor superficie. Se sugieren ampliaciones que permitan la reducción de la superficie expuesta a partir de viviendas pareadas. Sin embargo, este aspecto debe manejarse cuidadosamente para no perder la ventilación cruzada y el asoleamiento según las orientaciones. Asimismo, se propone que la transmitancia térmica verifique los valores para una calidad térmica recomendada (B), los cuales son para muro de 1,25 W/ m<sup>2</sup>K y 0,48 W/ m<sup>2</sup>K para techo. El proceso para calcular la transmitancia térmica se obtiene de la Norma IRAM 11601 y la comparación con los valores admisibles se obtiene de la Norma IRAM 11605. En cuanto a la superficie expuesta se recomienda reducirla lo máximo posible por cuanto se propone que sean pareadas. Sin embargo, este aspecto debe manejarse cuidadosamente para no perder la ventilación cruzada o aprovechar el asoleamiento según las orientaciones.

**CLÚSTER N°3.** Como singularidad, se tienen las viviendas que más tiempo tardan en realizar la ampliación. A su vez son las que menos superficie cubierta incorporan y donde menos creció el FOT, sin embargo, poseen la mayor cantidad de superficie semicubierta ampliada. Las viviendas poseen gran superficie vidriada al oeste y óptimos valores de FF y FAEP. En la cubierta de techo se combina la losa de hormigón armado del PO y la cubierta de la ampliación, que predominantemente es de losa cerámica y losa de hormigón armado. Asimismo, es el agrupamiento donde menos superficie habitable por persona presenta. Para las viviendas de este clúster se recomienda la orientación norte (N), seguida por las orientaciones nor-este (NE) y nor-oeste (NO) como las más beneficiosas. Debe cuidarse la orientación sur ya que no recibe radiación en invierno, pero sí en época estival, de incidencia horizontal. De esta manera, se sugiere como forma de crecimiento, que la vivienda crezca hacia los laterales ya que de esta manera quedará adosada a las viviendas adyacentes y tendrá un menor porcentaje de superficie expuesta al exterior. Se recomienda acompañar el adosamiento con un perímetro regular y un alto nivel de compacidad en la construcción.

#### 4.4.3 LINEAMIENTOS POR TIPOLOGÍA ARQUITECTÓNICA

En las tipologías de mayor compacidad, VA, 20N y PF, se sugiere que las ampliaciones se realicen manteniendo la densidad del PO y se recomienda cuidar los aspectos de ventilación e iluminación natural. Mientras que para las tipologías del CP, MSL y CGTRa se sugiere aprovechar las entrantes y salientes para la organización de los nuevos espacios y considerar la generación de un patio de luz para ventilación e iluminación. Se recomienda construir ampliaciones simétricas estructuralmente, siguiendo el ejemplo del barrio PS, lo cual en caso de sismo es óptimo, ya que se tiende a distribuir uniformemente los esfuerzos evitando concentraciones de tensiones que deriven en daños.

Para todos los casos se recomienda una tipología con elevada inercia térmica y de forma compacta, alargada en dirección este–oeste, con mayores caras al norte–sur. En cuanto a la zonificación, se aconseja la ubicación de los locales principales hacia la mejor orientación y los servicios a la más desfavorable, considerando el uso de galerías y voladizos que funcionen como espacio de vínculo con el exterior.

Para la envolvente se propone el uso de colores claros que reflejen los rayos solares y la incorporación de patios y plantas para humidificar el ambiente. Referido a las aberturas, deben ser de pequeñas a medianas y encontrarse distribuidas y protegidas según la orientación solar mediante voladizos, persianas o cortinas. Los elementos fijos de protección se instalarán al este y oeste por los variados ángulos de incidencia solar.

Si la orientación de la abertura es al norte, la opción adecuada son los voladizos o parasoles horizontales y lo ideal para esta orientación es optar por elementos móviles. Al sur no se deberían colocar voladizos fijos, ya que la radiación solar es difusa y genera una disminución de la iluminación natural interior en cualquier época del año. En el caso de los elementos móviles, se recomienda el uso de toldos y lonas para la generación de espacios de transición.

Como resultado, en este capítulo, se agrupan las viviendas en base a la eficiencia de su ampliación y se determinan las variables con mayor inferencia en los consumos energéticos. Además, se construyen pautas de crecimiento para cada variable de análisis en base a los resultados obtenidos en los estudios previos, a normativas nacionales e internacionales y a softwares específicos en la temática.

Asimismo, los lineamientos son agrupados para responder a modos de crecimiento basados en los tres clústeres construidos, los cuatro aspectos de análisis abordados y las

ocho tipologías arquitectónicas analizadas. En el capítulo siguiente se propone estimar los efectos de su aplicación sobre un caso representativo para uno de los clústeres, el cual es el más desfavorable basándonos en su nivel de EE.



# 05

---

POTENCIALIDAD DE AHORRO A PARTIR DE  
AMPLIACIONES EFICIENTES



## SÍNTESIS

Este Capítulo aborda la evaluación del potencial de ahorro en un caso de aplicación de los principios de ampliación eficiente propuestos en la presente tesis. El mismo se divide en dos etapas, la aplicación de los criterios de ampliación eficiente y las potencialidades de ahorro

En la primera etapa se aplica la metodología elaborada a un prototipo de vivienda IPV. Para esto, se toma como unidad de análisis al clúster más desfavorable y se evalúa la potencialidad de ahorro de energía a partir de emplear criterios de ampliación eficiente en una vivienda representativa del clúster. Se contrastan los resultados obtenidos de la simulación dinámica (expresados en demanda de energía) con los datos reales de consumo de la vivienda. De esta forma, se evalúa el consumo de energía en forma diacrónica, antes y después de la ampliación, a lo largo de los años.

Seguidamente, se obtienen los ahorros obtenidos, expresados en kWh, en emisiones de CO<sub>2</sub> y en términos económicos mediante un análisis particularizado de estos aspectos. Además, los ahorros se extrapolan al resto de las viviendas del clúster al cual pertenece la vivienda seleccionada a efectos de alcanzar una cosmovisión del impacto de la propuesta efectuada.

## INTRODUCCIÓN

A continuación, se desarrolla el análisis sobre una vivienda representativa de un clúster, a la cual se le aplican los lineamientos de crecimiento eficiente. Seguidamente, se estudia su potencialidad de ahorro en comparación con la ampliación real. De forma consecutiva, se integran los ahorros obtenidos al universo de viviendas que componen el clúster para cuantificar el potencial de ahorro en el sector residencial del AMSJ.

### 5.1 APLICACIÓN DE CRITERIOS DE AMPLIACIÓN EFICIENTE

En este apartado se selecciona una vivienda representativa de uno de los clústeres para validar las propuestas de ampliación eficiente. Para esto, se parte de considerar que esta unidad de análisis es representativa del clúster al que pertenece, cuyos resultados son factibles de ser extrapolados. El proceso es el siguiente:

En primer lugar, se selecciona una vivienda de la muestra perteneciente al clúster que no posee una ampliación eficiente, en cuanto al uso de la energía. De la vivienda elegida se dispone información acerca de su funcionamiento con respecto al tipo, forma y tiempo de uso del equipamiento existente para acondicionamiento térmico, de cocción, de calentamiento de agua y equipamientos eléctricos de uso cotidiano como computadoras, artefactos, electrodomésticos, entre otros. En este caso los habitantes especificaron los esquemas de uso de la vivienda y sus artefactos. Esta información recopilada y procesada, permite establecer los parámetros de entrada para la simulación dinámica.

En segundo lugar, se diseña la ampliación eficiente siguiendo los lineamientos definidos en el Capítulo 4. El diseño puede realizarse en papel, en sketchup o en autocad. Es necesario definir la planta arquitectónica y también los cortes y fachadas, donde se visualicen las alturas, cantidad de aberturas, superficies vidriadas y materialidad. Además, para el diseño se tienen en cuenta las conclusiones obtenidas en el Capítulo N° 3 sobre el uso y la variabilidad espacial en los procesos de crecimiento de la vivienda.

En tercer lugar, se realiza la simulación dinámica para tres modelos diferentes: el prototipo original (SPO), el prototipo ampliado de acuerdo con la ampliación real (SAR) y el prototipo ampliado con criterios de crecimiento eficiente (SAE). La SPO permite conocer la demanda de energía para el funcionamiento de la vivienda antes de su ampliación. La SAR muestra la demanda de energía a partir de las condiciones de ampliación que actualmente presenta la vivienda y, por último, la SAE permite evaluar la demanda de energía si la vivienda aplicara criterios de ampliación eficiente.

### 5.1.1 CARACTERIZACIÓN POR ASPECTO DE LA VIVIENDA SELECCIONADA

Se adopta la vivienda N°14 de la tipología del barrio CP, perteneciente al C3 que es el que presenta condiciones menos favorables de ampliación. En la Figura 62 se observa la planta de la vivienda ampliada, así como la volumetría que la caracteriza, con relación a su entorno inmediato. Asimismo, en el Anexo 1 y en Tabla 32 se detallan, en mayor profundidad, las características PO y PA de la vivienda N°14.

#### **Arquitectura**

El PO se desarrolla en una sola planta, posee 3 dormitorios y orientación N. Su superficie cubierta es de 58,41 m<sup>2</sup>. La ampliación se realiza a los 17 años de entregada la vivienda a sus habitantes y luego de ella, la misma presenta un crecimiento del 118%, alcanzando una superficie cubierta de 127,5 m<sup>2</sup>. Particularmente se amplía el espacio de estar comedor, cocina y lavadero. Además, se procede a cubrir el espacio de cochera.

#### **Envolvente**

Respecto a los valores de K, en muros se mantienen constantes, en techos luego de la ampliación los valores mejoran, es decir que la transmitancia disminuye, al igual que en el piso y las carpinterías. El FF varía de 1,33 a 1 mientras que el FC de 67 a 71, en PO a PA, respectivamente. En cuanto al FA, aumenta en la orientación norte, este y oeste debido a la incorporación de superficie vidriada, mientras que al sur se mantienen las aberturas originales. Además, la superficie de la envolvente se incrementa 82 m<sup>2</sup>.

#### **Energía**

El consumo promedio anual pre-ampliación era de 11.120 kWh y post ampliación, se incrementa a 16.240 kWh. De forma contraria, los consumos por m<sup>2</sup> y por habitante disminuyen luego del proceso de crecimiento pasando de 193 kWh/m<sup>2</sup> a 179 kWh/m<sup>2</sup> y de 5.560 kWh/hab. a 4.217 kWh/hab.

#### **Uso**

La vivienda estaba habitada originalmente por 2 personas y en el proceso de ampliación alcanzó un total de 4. Seguidamente, se entrevista a los habitantes para elaborar los esquemas de uso de la vivienda necesarios para desarrollar las simulaciones energéticas de la misma.



Figura 62. Vivienda N°14. Fuente: elaboración propia, 2023.

### 5.1.2 DATOS DE ENTRADA EN LA SIMULACIÓN DINÁMICA

La simulación dinámica se realiza en base a un modelo teórico fiable ajustado al modelo real de uso de la vivienda. Para ello, se carga la información real de la cantidad de personas, los horarios de uso de los espacios, el equipamiento de consumo eléctrico y a gas, lo cual posibilita calibrar el modelo y obtener datos de confianza. Éstos últimos se obtienen de una entrevista a los habitantes residenciales (ver Tabla 31). De esta manera el proceso permite que la simulación replique con la mayor exactitud posible la situación existente y que los resultados arrojados sean lo más parecidos posibles a los datos reales medidos (Llanos Medina, 2018).

Aspectos	Prototipo Original	Ampliación Real. Vivienda N°14	Fuente
Clima	Base de EP	Base de EP	(EnergyPlus, 2016)
Habitantes	2	4	Entrevista a hab.
Termostato	Calefacción: 20°C	Calefacción: 20°C	Gil y Prieto (2014)

	Refrigeración: 24°C	Refrigeración: 24°C	
Infiltraciones	1,5	1,5	Norma IRAM 11659-1(2004)
Horarios de presencia y ocupación	Mañana: 7 a 8 hs. y 12 a 16 hs.	Mañana: 7 a 8 hs. y 12 a 16 hs.	Entrevista a habitantes
	Tarde: 16 a 20 hs.	Tarde: -	
	Noche: 21 a 7 hs.	Noche: 21 a 7 hs.	
Materialidad (W/m <sup>2</sup> .K)	K muros: 2,53 K techos: 1,82 K pisos: 3,19 K puertas: 5,88 K ventanas: 5,00	K muros: 2,53 K techos: 1,20 K pisos: 2,61 K puertas: 5,26 K ventanas: 5,85	Figura 38 Capítulo N°3
Equipamiento, potencia (W) y horas de uso	Heladera (150 W) - 24 hs.	Heladera (150 W) - 24 hs.	Entrevista a habitantes
	Calefón 10 l. a gas (17.445 W) - 24 hs.	Calefón 10 l. a gas (17.445 W) - 24 hs.	
	Ventilador (90 W) - 6 hs.	Ventilador (90 W) - 6 hs.	
	Calefactor (29075 W) - 10 hs.	2 Calefactores (29.075 W c/u) - 10 hs.	
	TV color de tubo fluorescente de 25" (155 W) - 6 hs.	2 TV LED 32" (90 W c/u)- 4 hs.	
	Computadora(200 W) - 3 hs.	Notebook (22 W) - 6 hs.	
	4 Lámparas de bajo consumo (15 W c/u) - 10 hs.	8 Lámparas LED (9 W c/u) - 5 hs.	
	Plancha (1.500W)- 0.5 hs.	Plancha (1.500W)- 0.5 hs.	
	Secarropas centrífugo (380 W) - 0.5 hs.	Lavarropas automático de 5 kg (500 W) - 3 hs.	
	-	2 Aires Acondicionados de 3500 frigorías frío (2.150W c/u) - 6 hs.	

Tabla 31. Datos cargados en EP para simulación energética. Fuente: elaboración propia, 2024.

Con respecto al equipamiento y su eficiencia, se adoptan los valores de potencia de ENRE, (2024) para el equipamiento eléctrico y los valores de referencia de ENERGAS (2024) para los equipos a gas. Este equipamiento detallado en la Tabla 31 es el utilizado en el PA y relevado en el año 2023, el cual es cargado en la SAR.

Para simular el desempeño energético de la vivienda N°14 se utiliza el programa Energy Plus (EP) versión 24.1.0, desarrollado por la Secretaría de Energía de los EE. UU. (2024). El período elegido para simular fue el de un año completo, con reportes de demanda de energía mensuales. Como variable de salida se obtiene la potencia (en W) que requiere la vivienda para mantener en el interior las condiciones de confort. Estos datos se multiplican por la cantidad de horas mensuales promedio y se obtiene el requerimiento

de energía en kWh. De esta forma, la demanda simulada obtenida puede cotejarse con los consumos reales suministrados por las empresas prestatarias de energía eléctrica y gas natural de red.

Respecto a los datos climáticos, se utiliza la base de clima de Energy Plus para la provincia de San Juan. El archivo climático se asemeja a las condiciones de clima del área en estudio ajustándose en un año característico (Figura 63).

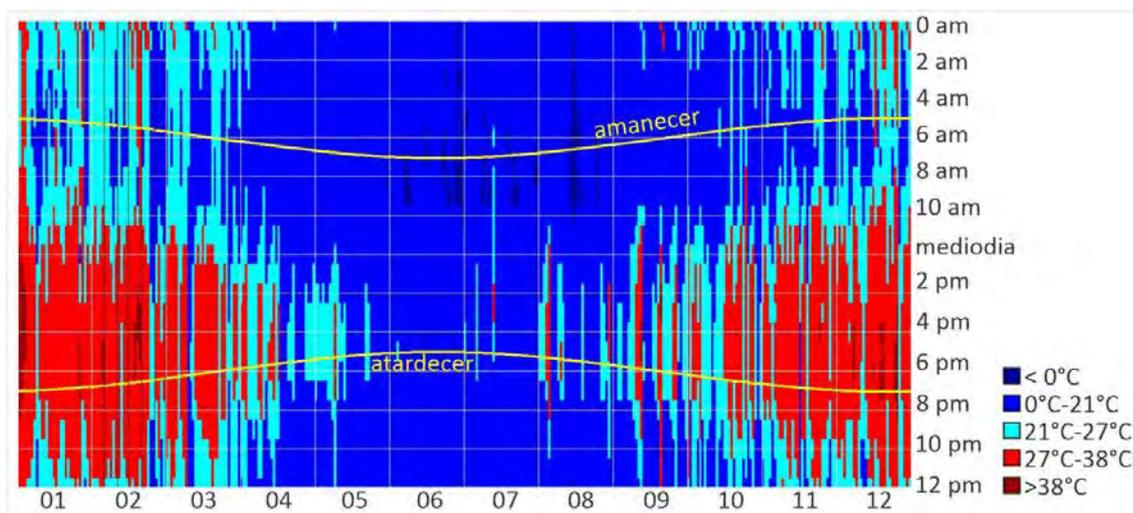


Figura 63. Temperatura exterior para el AMSJ. Fuente: Climate Consultant, 2024.

### 5.1.3 DISEÑO DE LA AMPLIACIÓN EFICIENTE

Seguidamente, para la SAE se aplican los lineamientos de crecimiento al PO del barrio CP, siguiendo parámetros similares a los de la vivienda N°14, detallados en la Tabla 32.

Como se observa, existen variables que no son modificadas porque ya tenían un valor óptimo como la orientación, la posición en la parcela, la compacidad, los habitantes y la incorporación de uso. Por el contrario, las variables que sí son optimizadas son la superficie de ventanas, la superficie de envolvente, la superficie expuesta, el FF, el FE, el FAEP y la transmitancia térmica. Asimismo, se propone para la cubierta de techo de la cochera orientada al norte que posea una inclinación de 30°, pensando a futuro, incorporar paneles solares con el fin de aprovechar el abundante recurso solar de la provincia (Montenegro, 2019).

	Variables	Prototipo Original	Ampliación Real. Vivienda N°14	Ampliación Eficiente Propuesta
Arquitectura	Sup. cubierta (m <sup>2</sup> )	57,57	94,13	94,60
	Sup. semicubierta (m <sup>2</sup> )	0,84	33,38	11,30
	Sup. total (m <sup>2</sup> )	58,41	127,51	105,9
	Orientación	N	N	N
	Ubicación en la parcela	Pareada 1 lado	Pareada 2 lados	Pareada 2 lados
	FOT	0,19	0,43	0,35
Envolvente	Sup. de ventanas	5,81	9,39	11
	Sup. de aberturas	9,66	14,77	14,15
	Sup. de envolvente	155,81	237,96	200,14
	Sup. de Piso	46,79	84,82	72
	Perímetro del Piso	57,80	86,68	80,80
	Volumen	116,97	237,50	248,24
	Sup. Expuesta	135,73	201,38	150,77
	FF	1,33	1	0,81
	FE	0,87	0,85	0,75
	FC	67	71	71
	FAEP	3,3	2,8	2,7
	FA norte	11,44	18,07	17
	FA sur	17,10	16,34	15
	FA este	0,87	1,20	0
	FA oeste	7,61	8,70	8
	KM	2,53	2,53	1,24
	KT ampliado	1,82	1,2	0,32
	K Ventanas	5	5	3,23
K Puertas	5,88	5,26	2,85	
Energía	Consumo anual (kWh)	11.120	16.870	7.791
	Consumo/m <sup>2</sup> (kWh/m <sup>2</sup> )	193	179	82
	Consumo/per. (kWh/p)	5.560	4.217	1.948
Uso	Habitantes	2	4	4
	Estar-comedor (m <sup>2</sup> )	17	39	36
	Sup. Habitable	47	85	64
	Sup. Habitable p/pers.	23	21	16
	Incorporación de uso	no	si	si

Tabla 32. Tabla con valores comparativos del prototipo original, ampliación real y ampliación eficiente:  
Fuente: elaboración propia, 2024.

Para la elaboración de los paquetes constructivos de la ampliación eficiente se toman como referencia los datos de la Secretaría de Vivienda (2019), la cual establece que el valor de K del muro exterior y techo deberá ser igual o inferior al máximo establecido en la Norma IRAM 11.605 para el Nivel B y que para su cálculo se utilizará el método especificado en la Norma IRAM 11.601. La mejora en la transmitancia se da en todos los elementos de la envolvente ampliada mientras que el PO se mantiene en las condiciones originales. Para los muros de la ampliación se opta por adherir el aislamiento térmico en la cara exterior, ya que este sistema presenta buenos resultados térmicos y evita los costos

de recubrimientos dobles muros (Filippín, 2007). En la Tabla 33 se detallan los materiales y espesores de cada componente constructivo.

Componente	Material	Esp. (m.)	Cond. Térmica (W/m.K)	R (m <sup>2</sup> .K /W)	Transmitancia Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)
Muro PO	Revoque Fino	0,01	0,70	0,02	2,53
	Revoque Grueso	0,01	0,89	0,01	
	Ladrillón	0,17	0,91	0,19	
	Revoque Grueso	0,01	0,89	0,01	
	Revoque Fino	0,01	0,70	0,02	
Techo PO	Membrana asfáltica c/ aluminio	0,00	0,16	0,03	1,82
	Alisado en concreto	0,07	0,89	0,08	
	Aislación térm. piedra pómez y arena	0,07	0,44	0,16	
	Hormigón Armado	0,10	1,40	0,07	
	Cielorraso aplicado	0,02	0,44	0,05	
Piso PO	Hormigón Fratasado	0,05	0,89	0,06	3,19
	Contrapiso de Hormigón	0,05	0,57	0,09	
Puertas PO	Chapa galvanizada prepintada	0,00	58,00	0,00	5,88
Ventanas PO	Vidrio común	0,01	0,75	0,01	5,00
Muro Ampliación Eficiente	Revoque Fino	0,01	0,70	0,01	1,24
	Revoque Grueso	0,01	0,89	0,01	
	Poliestireno (rígido en plancha)	0,07	0,17	0,41	
	Ladrillón	0,17	0,91	0,19	
	Revoque Grueso	0,01	0,89	0,01	
	Revoque Fino	0,01	0,70	0,01	
Techo Ampliación Eficiente	Chapa galvanizada	0,00	58	0,00	0,32
	Poliestireno (rígido en plancha)	0,05	0,17	0,29	
	Madera entablonado	0,05	0,02	2,50	
	Cámara de aire	0,50		0,14	
	Cielorraso suspendido de yeso	0,02	0,44	0,05	
Piso Ampliación Eficiente	Baldosa Cerámica	0,02	0,70	0,03	2,61
	Carpeta de Cemento para Piso	0,05	0,52	0,10	
	Contrapiso	0,05	0,57	0,09	
Ventanas Ampliación Eficiente	Aluminio con rotura puente térmico- Vidrio DVH 3mm.-cám. de aire de 6mm.	0,02			3,23
Puertas Ampliación Eficiente	Aluminio con rotura puente térmico	0,01			2,85

Tabla 33. Transmitancia del PO y de la Ampliación Eficiente propuesta. Fuente: elaboración propia, 2024.

A continuación, se muestra la planta de la ampliación eficiente propuesta para la tipología del barrio CP (Figura 64) y las plantas dibujadas en EP (Figura 65).

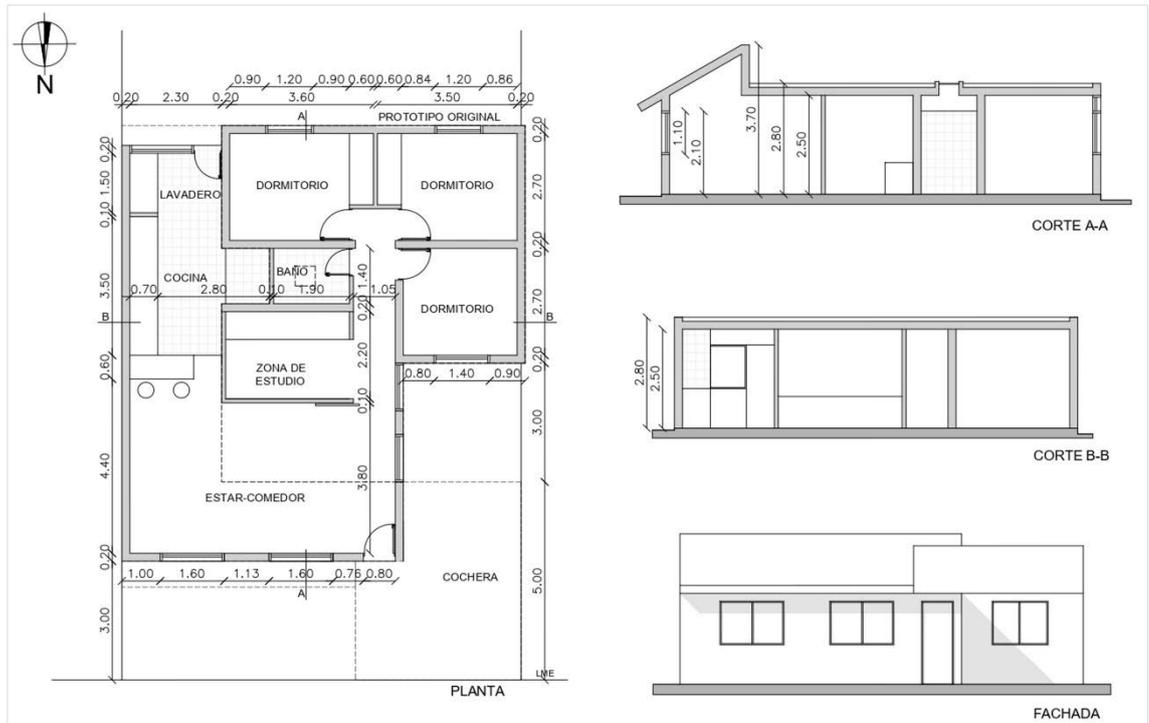


Figura 64. Planta, cortes y fachada del prototipo ampliado eficiente. Fuente: elaboración propia, 2024.

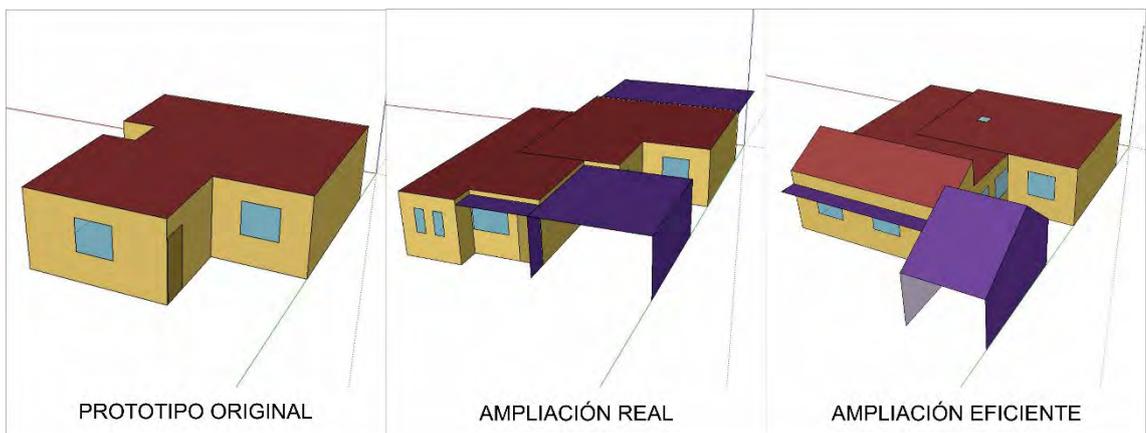


Figura 65. En Energy Plus el prototipo original (izq.), la ampliación real (centro) y la ampliación eficiente propuesta (der.). Fuente: elaboración propia, 2024.

#### 5.1.4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DINÁMICA

A continuación, se detallan los resultados obtenidos de las simulaciones para el prototipo ampliado como se encuentra en la actualidad y para el mismo prototipo ampliado de manera eficiente.

Para disgregar los posibles ahorros a obtener se considera en primer lugar abordar la ampliación con medidas que signifiquen costo cero, principalmente basados en mejorar los aspectos de arquitectura y envoltivo (teniendo en cuenta criterios proyectuales de

mayor eficiencia). En segundo lugar, se incorporan los criterios que agregan costos mínimos de ampliación en el aspecto envolvente, modificando el FA. Por último, se optimizan los aspectos de la envolvente con la incorporación de mejoras en los niveles de transmitancia térmica, conociendo que esta acción implica un aumento del costo de obra. No obstante, estos costos son considerados una inversión y no un gasto, ya que la energía ahorrada en acondicionamiento térmico amortiza los gastos en plazos de tiempo razonables (Martinez, 2012).

Además, al incorporar en la simulación las mejoras por etapas, se visualiza la demanda de energía de forma escalonada y sus respectivos ahorros (Figura 66). Cuando a la SPO se incorpora la ampliación y las mejoras de arquitectura y envolvente especificadas en Tabla 32 se obtienen ahorros del 20% en comparación con la SAR, producto de que la demanda anual pasa de 17.030 kWh/año a 13.691 kWh/año. Sin embargo, si sobre esa base se ajustan las áreas vidriadas para cumplir con los lineamientos especificados en el Capítulo N° 4 se logran ahorros del 41% en comparación con la Ampliación Real. Finalmente, si se mejora térmicamente la envolvente en base a las características especificadas en la Tabla 33 el ahorro se incrementa al 54%, llegando a demandas anuales de 7.791 kWh/año.

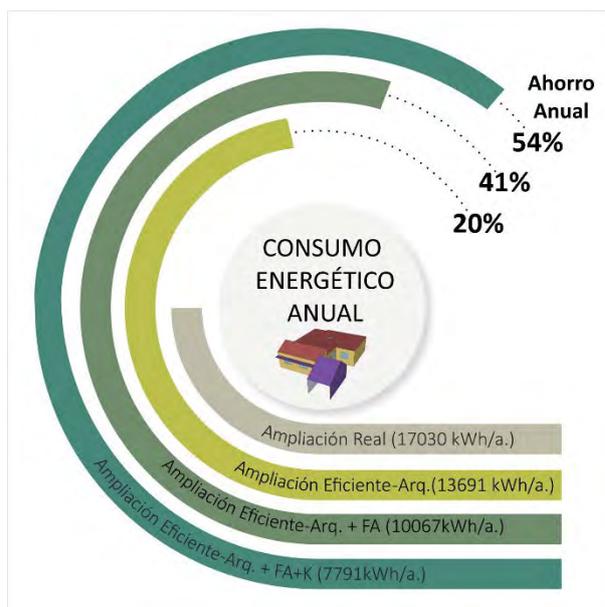


Figura 66. Ahorro energético del prototipo eficiente. Fuente: elaboración propia, 2024.

En consecuencia, la demanda anual de la SPO es de 7.571 kWh.año presentando los mayores valores mensuales en los meses de junio y julio. Estos requerimientos se incrementan un 124% luego de la ampliación en la SAR, obteniendo su curva característica similar a la SPO, esto es, una distribución simétrica con picos de consumo en la época

invernal. Dichos aumentos son esperables si se considera que la superficie de la vivienda se incrementó en superficie de 58,4 m<sup>2</sup> a 127,5 m<sup>2</sup> (ver Tabla 32). En cuanto a la SAE, como se mencionó, la demanda anual es de 7.791 kWh.año, representando una disminución en comparación con la SPO del 54% (Figura 67).

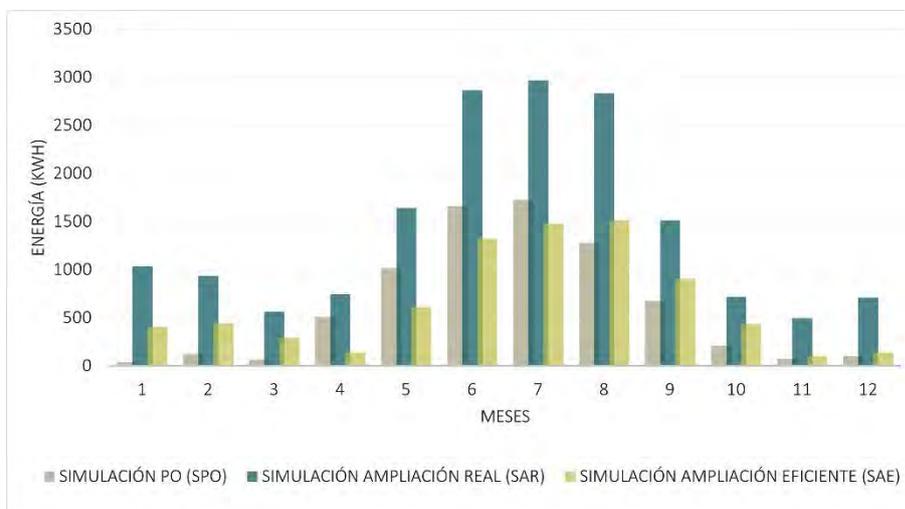


Figura 67. Demanda de energía en la SPO, SAR y la SAE. Fuente: elaboración propia, 2024.

En Figura 68 se observan los resultados de la demanda energética de las simulaciones en comparación con los datos de consumo reales históricos de la vivienda, diferenciados en pre y post ampliación.

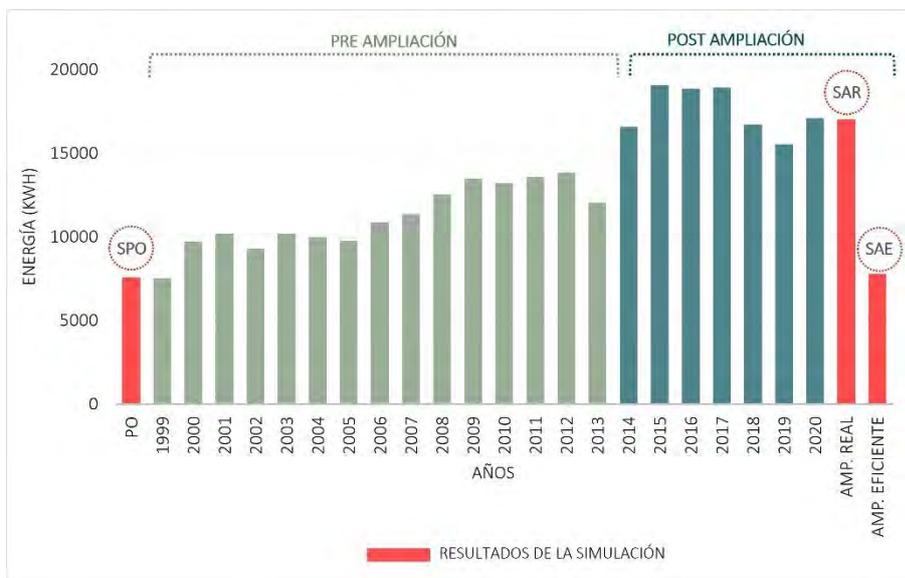


Figura 68. Consumos anuales históricos de la vivienda N°14 y consumos de la SPO, SAR y SAE. Fuente: elaboración propia, 2024.

Seguidamente y de forma complementaria, se realiza la cuantificación de ahorro obtenido en base a tres ejes; ahorro energético, en emisiones de CO<sub>2</sub> y económico (Tabla 34).

Asimismo, considerando que la vivienda se amplió en el año 2013, si se extrapolan los ahorros obtenidos en el tiempo, (10 años), el mismo se incrementa de forma exponencial.

Vivienda 14	Ahorro		
	energía (kWh)	emisiones (kgCO <sub>2</sub> eq)	económico (USD\$)
en 1 año	9.238,8	4.249,9	436,9
10 años (la vivienda amplió en 2013)	92.388,1	42.498,5	4.368,8

Tabla 34. Ahorro energético, económico y en emisiones-Vivienda N°14. Fuente: elaboración propia, 2024.

Se observa que el ahorro próximo a los USD\$440 anuales representa en muchos casos un salario mensual, que es desaprovechado debido a la manera de ampliación de la vivienda. Estos valores se consideran significativos suponiendo una baja a mediana calidad de vida de los habitantes (Blasco Lucas et al., 2000). A continuación, se integran los resultados obtenidos de la vivienda N°14 sobre el clúster al que pertenece, para conocer la potencialidad de ahorro en el escenario residencial.

## 5.2 POTENCIALIDAD DE AHORRO ENERGÉTICO

Consecutivamente, partiendo de que en el capítulo previo se agrupan viviendas con similares características mediante el análisis estadístico multivariado de clústeres, se realiza una extrapolación de los ahorros obtenidos en la vivienda N°14 a las viviendas del C3. De esta manera es posible conocer el comportamiento de la totalidad del agrupamiento y estimar los ahorros potenciales a lo largo de la vida útil de forma diacrónica.

El C3 es representativo de 833 viviendas ampliadas, distribuidas en 3 barrios. El primero, el barrio CP con 356 viviendas, fue construido en 1995 y en promedio sus viviendas se ampliaron en 2009 por lo que, al año 2023, llevan 14 años de ampliadas, es decir, 14 años durante los cuales se podrían haber producido ahorros de energía. Seguidamente el barrio PS de 100 viviendas edificadas en el año 2000 y con promedio de ampliación en 2018, llevan 5 años desde sus crecimientos y la misma cantidad de años de posibles ahorros. Por último, el barrio VA de 377 viviendas construidas en 1995 y con promedio de ampliación en 2013 llevan 10 años de posibles ahorros (Tabla 35).

Barrios	Vivienda ampliada	Año de construcción	Año de ampliación (promedio)	Año de ahorro
CP	356	1995	2009	14
PS	100	2000	2018	5
VA	377	1995	2013	10
Total	833			

Tabla 35. Caracterización del C3 y sus barrios. Fuente: elaboración propia, 2024.

Para obtener el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de recursos energéticos se trabaja con 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 (Naciones Unidas, 2018b). Para Argentina el factor de emisión es de 0,46 t CO<sub>2</sub>/MWh (Secretaría de Energía, 2023).

Para el ahorro económico se considera el costo de la energía (\$/kWh) de abril de 2024. Para esto se identificó que la vivienda N°14 pertenece a un uso residencial T1-R3 Nivel 3, mayor a 2.800 kWh, conforme se precisa en la factura de energía. Para este tipo de perfil residencial el costo del kWh es de 41,14 \$/kWh, siendo equivalente a 0,0484 US\$/kWh. Por tanto, en base a la energía ahorrada, es posible obtener su equivalente a US\$ anuales.

Tomando como base lo mencionado, se elabora la Tabla 36 donde se detallan los ahorros para las viviendas del C3 para un año. A su vez, en la misma tabla, se muestra el ahorro de acuerdo con el tiempo que las viviendas llevan ampliadas. Como resultado se observa que, en total, **se evita el consumo de 85.495.942 kWh**. Esta cifra, según la Agencia de protección ambiental de EE. UU.(2024), equivale a:

- 25.440.515 litros de combustible
- 30.346.683 kilos de carbón
- 138.144 barriles de petróleo
- 987.585 árboles

Viviendas	Ahorro		
	en energía (kWh)	en emisiones (kgCO <sub>2</sub> eq)	económico (USD\$)
del C3 en 1 año	7.695.928,2	3.540.127,0	363.920,1
del B° CP (en 14 años)	46.046.226,0	21.181.264,0	2.177.404,3
del B° PS (en 5 años)	4.619.404,7	2.124.926,2	218.439,4
del B° VA (en 10 años)	34.830.311,4	16.021.943,2	1.647.033,3
<b>Total</b>	<b>85.495.942</b>	<b>39.328.133</b>	<b>4.042.877</b>

Tabla 36. Ahorro de energía, emisiones y económico en viviendas del C3. Fuente: elaboración propia, 2024.

En las Figura 69 y Figura 70 se observa la variación de viviendas en cuanto a su consumo según el impacto de la ampliación eficiente. Mientras que con la ampliación real predominan las viviendas con un consumo energético anual comprendido entre 12.501 kWh y 24.500 kWh (color amarillo), si los procesos de crecimiento se realizaran de forma

<sup>4</sup> Se considera un valor de oficial de \$870 para abril del año 2024

eficiente siguiendo los lineamientos detallados en esta investigación, se obtendrían ahorros de hasta el 54% (ver Figura 66) con un consumo energético anual máximo de 12.501 kWh (color verde).

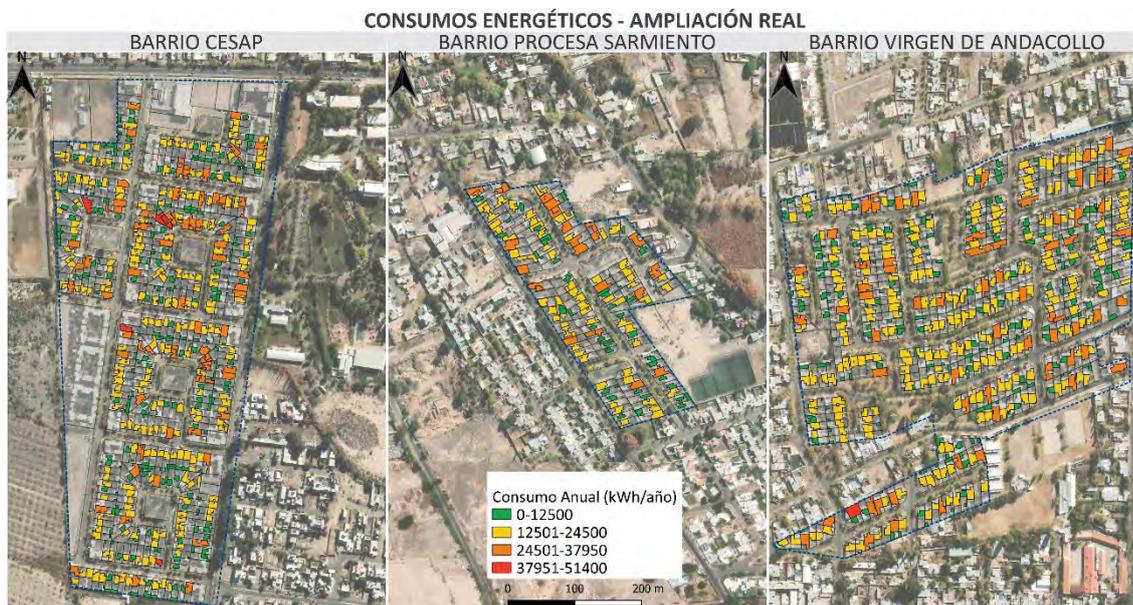


Figura 69. Consumos energéticos del C3 en la ampliación real. Fuente: elaboración propia, 2024.

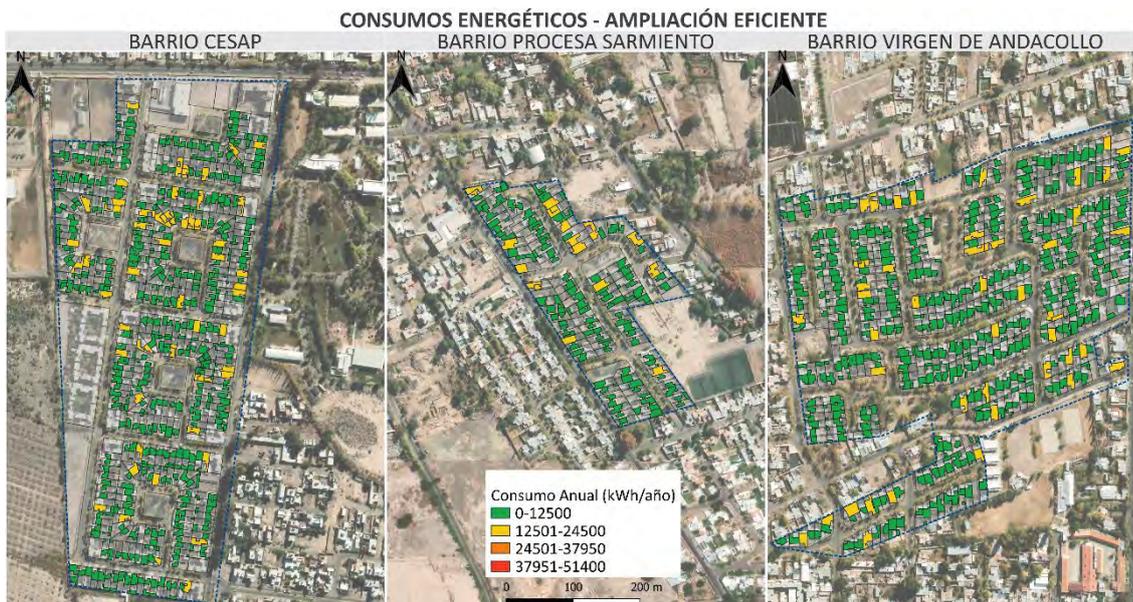


Figura 70. Consumos energéticos del C3 en la ampliación eficiente. Fuente: elaboración propia, 2024.

Dentro de este marco, y en base a los resultados de la SAE se obtiene que la demanda de energía por  $m^2$  es de  $82 \text{ kWh}/m^2$ . En complemento, el consumo por  $m^2$  real de las viviendas ampliadas del C3 es, en promedio, de  $172 \text{ kWh}/m^2$ . Con estos dos datos, más la superficie ampliada de las 833 viviendas del C3 es posible obtener la cantidad concreta de kWh por  $m^2$  ahorrados, según el crecimiento de cada vivienda. En total, si el C3 fuera

de crecimiento eficiente residencial, generaría ahorros anuales de 14.581.334 kWh/m<sup>2</sup> (Tabla 37).

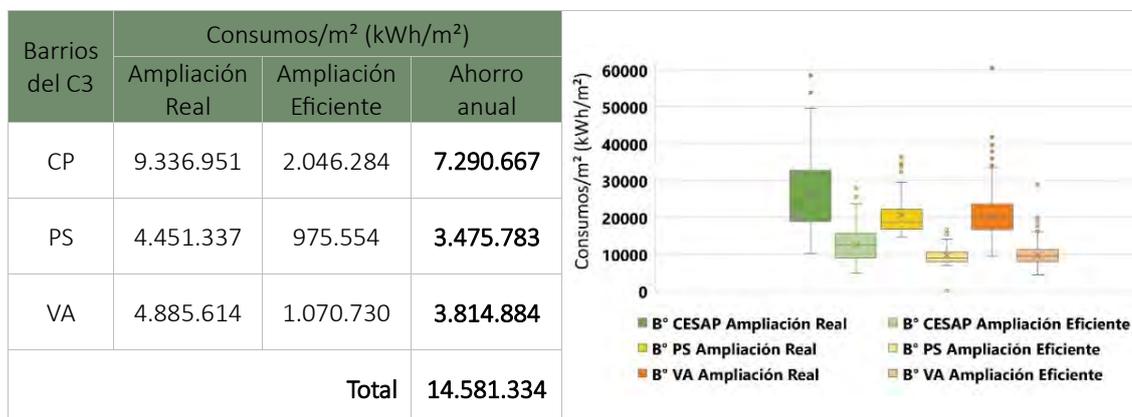


Tabla 37. Ahorros por m<sup>2</sup> para viviendas del C3. Fuente: elaboración propia, 2024.

Como se detalla en Tabla 36, en total, **las emisiones evitadas ascienden a 39.328.133,4 kg CO<sub>2</sub>eq y el ahorro monetario a USD\$ 4.042.877**. En este contexto, de Alonso Frank et al., (2024) se conoce que dentro del AMSJ se localizan aproximadamente 45.000 viviendas construidas por el IPV. Por lo cual, si se extrapolan los ahorros conseguidos en esta investigación a la totalidad de residencias en el área urbana se observa que el sector residencial estatal, y en particular los procesos de crecimiento de cada vivienda, representa un enorme potencial de EE sin explorar.

### 5.2.1 PROPUESTA DE APLICACIÓN A FUTURO

Este procedimiento servirá como insumo en el futuro desarrollo metodológico de un etiquetado de ampliación eficiente. Se propone la construcción de una etiqueta que sintetice los avances logrados, la cual es factible de aplicarse en viviendas ampliadas y permite evaluar la eficiencia del proceso de crecimiento.

Se plantea un procedimiento similar al realizado, por cuanto a una vivienda ampliada se la contrasta con la misma vivienda ampliada aplicando las pautas de crecimiento eficiente y se obtiene el ahorro de energía entre la vivienda real y la eficiente. Seguidamente se procede a la simulación de la ampliación eficiente y se obtiene la demanda energética de cada caso. Si los valores de ambas son similares, indica que la vivienda se ha ampliado eficientemente. De forma contraria, si los consumos de la ampliación real son mayores, muestra que el crecimiento residencial no fue eficiente. Es decir, a mayor diferencia entre consumos, mayor es la oportunidad de ahorro de la vivienda ampliada. En este caso se

pueden proponer mejoras constructivas abordando las variables influyentes (del Capítulo 3 y Capítulo 4). Se adopta una etiqueta de tipo comparativa con letras y colores, donde el verde indica mayor EE y el rojo, menor EE, como se observa en la Figura 71.

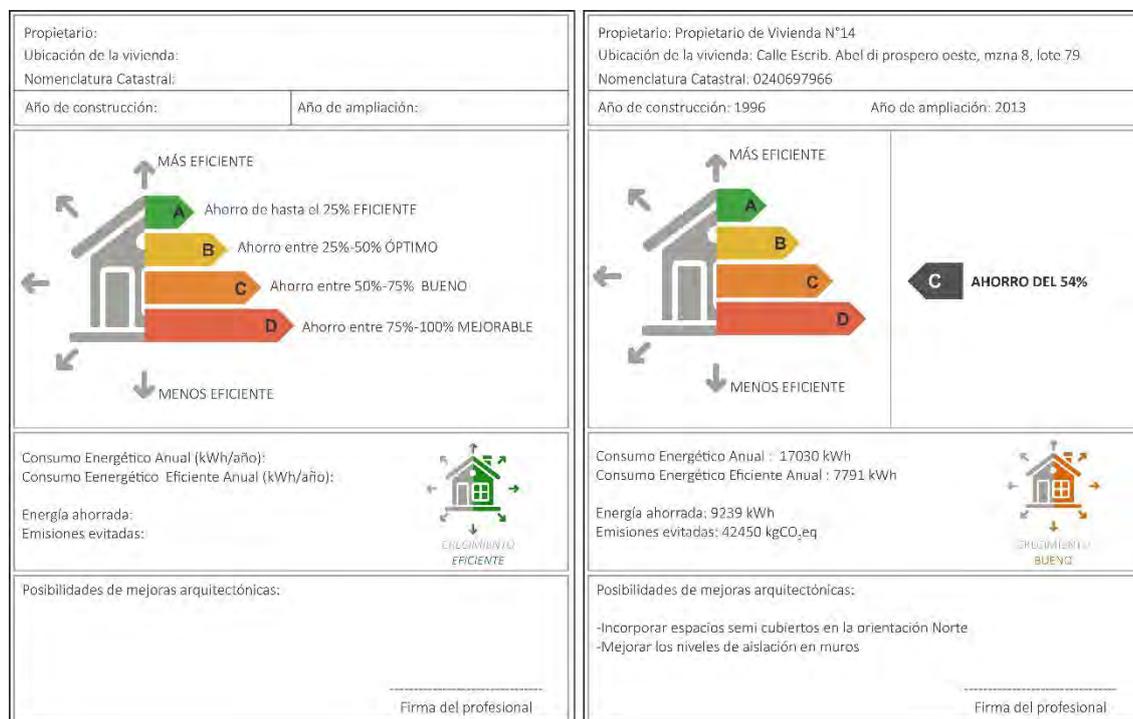


Figura 71. Propuesta de etiqueta para viviendas post ampliación (izq.) y aplicación de la etiqueta a la vivienda N°14 (der.) del C3. Fuente: elaboración propia, 2024.

Por lo desarrollado en el Capítulo 3, Capítulo 4 y Capítulo 5, la metodología propuesta se considera válida. La misma evidencia su veracidad al proporcionar resultados sólidos y posibles de generalizarse a otros casos de estudio con diversos contextos climáticos, culturales, políticos, sociales y ambientales.

# 06



CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES



## SÍNTESIS

El presente Capítulo se divide en cuatro etapas, la primera aborda las conclusiones y reflexiones finales de la tesis. En segundo lugar, se muestran las hipótesis y los interrogantes planteados al inicio del trabajo y se responde a cada uno de ellos. Seguidamente, se describen las transferencias realizadas hasta el momento. En este mismo apartado se muestran los aportes a la disciplina, esto es al campo del Hábitat y Diseño y en forma particular a la arquitectura residencial. Por último, se refiere a los próximos desarrollos y líneas de investigación futuras.

## 6.1 CONCLUSIONES Y REFLEXIONES FINALES

El cambio climático y la escasez de recursos hacen que sea, cada vez más urgente, repensar el ámbito de la construcción residencial. En esta línea, la EE puede aportar beneficios económicos y ambientales significativos acercándonos a un futuro con menores emisiones y desperdicio de energía. No obstante, aún queda un enorme potencial sin explorar y es ahí donde se contextualiza la presente investigación.

En el **CAPÍTULO 1** puede observarse cómo desde la escala global a la local, las edificaciones son responsables de un gran consumo energético y de las emisiones asociadas a los mismos. En este marco, el sector residencial, se muestra como uno de los más oportunos para emprender políticas de EE, ya que presenta la urgente necesidad de trabajar sobre ella, en busca de soluciones de diseño, tecnológicas y constructivas que impliquen mejoras en su desempeño energético y en las condiciones de confort térmico y su consecuente bienestar habitacional.

Como reflexión sobre el dinamismo en la vivienda, luego del análisis bibliográfico se infiere que el carácter dinámico de las viviendas radica en la propia naturaleza del ser humano a ser diferente. Esto es, las viviendas se amplían de diversa manera porque quienes la habitan son diferentes. Se entiende que los cambios que sufrirá la misma son impredecibles, no siendo posible anticiparse de forma exhaustiva a las transformaciones que sufrirá. Sin embargo, es viable pensar una vivienda con una amplia capacidad para permitir diferentes e incluso opuestas interpretaciones y usos.

Cada vez más países incorporan, dentro de sus normativas, requisitos de mejora energética en la arquitectura residencial en busca de disminuir esta demanda del sector construido, considerando su ampliación. Se observa un constante crecimiento y surgimiento de diferentes avances en términos de leyes, normativas, métodos, técnicas e instrumentos para el conocimiento, evaluación y determinación de la EE en este sector, donde los procesos de crecimiento pueden adquirir un rol protagónico.

De los antecedentes analizados se entiende el concepto desde el cual han sido generadas las metodologías de evaluación de la EE. Además, no existe una normativa única o una ley modelo de EE, ya que la mismas son elaboradas según las restricciones y características (climáticas, energéticas, tecnológicas, etcétera) propias de cada país, por tal la variabilidad de la vivienda también debe estudiarse contextualizada.

Se considera que, salvo las intenciones mencionadas, que reconocen a la vivienda como un organismo en constante cambio, los modos de evaluación de EE analizados son realizados desde una visión sincrónica, resultando escasas las iniciativas que evalúan el proceso de crecimiento o evaluaciones energéticas de su proceso de transformación.

En el **CAPÍTULO 2** se detalla una descripción del procedimiento metodológico desarrollado. Éste es realizado de forma sistemática con el fin de garantizar resultados fiables que respondan a las metas de la investigación. Además, se justifica el enfoque de la investigación, se puntualiza cómo se recopilan y generan los datos y se demuestra cómo analizarlos.

En este sentido, primero se presenta una definición de los casos de estudio donde se consideran pautas relevantes que serán objeto de análisis. En segundo lugar, se lleva a cabo la definición general y de detalle de las variables de análisis identificando los factores más importantes en su estudio. El tercer paso consiste en la descripción de la evolución diacrónica de las viviendas de la muestra con base en las variables ya seleccionadas. Posteriormente, se presenta la información de organización y agrupamiento de clústeres y variables representativas que permiten identificar patrones y agrupamientos de las viviendas en función de su modo de ampliación. En el siguiente paso se presenta el enfoque de los lineamientos de ampliación eficiente detallados según: los cuatro aspectos de análisis de la tesis, cada clúster y cada tipología arquitectónica. Luego, se especifica el proceso para llevar a cabo la aplicación de los lineamientos a un caso de estudio. Para ello se selecciona una vivienda representativa del clúster de crecimiento regular, definido previamente, se analiza la ampliación real y se estudia el diseño de la ampliación eficiente. Finalmente, se desarrolla la potencialidad de ahorro en aspectos energéticos, ambientales y económicos. Estos ahorros, obtenidos para la vivienda ampliada de forma eficiente, son extrapolados a las viviendas del mismo clúster, lo que permite cuantificar el potencial energético que representa el sector construido y en particular los procesos de crecimiento residencial.

Se considera que la metodología, al haber sido explicada con suficiente detalle, es factible de ser empleada en diversos contextos climáticos, sociales y geográficos por lo cual otro investigador puede replicar su estudio y aplicación. Asimismo, esta investigación toma como guía la Normativa OIB de Austria (descrita en el Capítulo 1) donde los lineamientos de mejora se aplican a la ampliación y el PO se mantiene con las características

constructivas originales. Sin embargo, podría proponerse la mejora en toda la envolvente original y ampliada.

En el **CAPÍTULO 3** se analiza el proceso de evolución de la vivienda IPV, para lo que se estudia la transformación de esta, mediante las 22 variables de análisis. Al igual que lo que menciona Sepulveda Mellado (1986) no es posible entender la vivienda como un objeto estático, sino que es un sistema y un proceso, que busca de forma permanente la armonía y el equilibrio, esto se ha evidenciado en los cuatro aspectos analizados. Si observamos lo construido, lo materializado, podemos comprobar que es un hecho que los habitantes han transformado la vivienda para adaptarla a sus necesidades, a diferentes usos espaciales y a nuevas funcionalidades no contempladas en el prototipo original.

Se concluye que, si bien las viviendas IPV se ampliaron en más de una oportunidad, la primera ampliación es la significativa, según incrementos de superficie y de organización espacial. Respecto a la forma de ampliación, las viviendas han crecido hacia los laterales y de forma compacta. A lo largo del tiempo, han variado de forma beneficiosa el FF, el FC, el FAEP comparado con los valores originales, es decir, que han mantenido relaciones proporcionales entre volumen y envolvente, entre superficie de piso y envolvente. Al mismo tiempo que, la superficie expuesta y la envolvente se han incrementado proporcionalmente. Destaca el FA, el cual ha presentado valores mayores a los de la vivienda original en la orientación norte y sur, lo que indica la necesidad de revisar este aspecto vinculado a la iluminación y ventilación.

Respecto al sistema constructivo, los materiales elegidos para la cubierta de techo son de mejor calidad térmica que los originales, esto no ocurre en los muros donde la calidad constructiva se ha mantenido constante. En cuanto a la funcionalidad espacial, se incorporan espacios de estudio, con escritorios y computadoras en las ampliaciones, siendo el estar comedor el espacio que sufrió mayores cambios, tanto de funcionalidad como incrementos de superficie.

Conjuntamente, destaca la cantidad de ampliaciones y crecimientos en la vivienda realizados de manera informal, es decir sin planos oficiales de arquitectura y estructura. Esto toma relevancia considerando que la provincia de San Juan es una zona de alta peligrosidad sísmica, por lo que es de vital importancia considerar los aspectos estructurales de cada ampliación. En las viviendas ampliadas, la carencia de documentación aprobada por DPDU y planos reglamentarios confirma la importante

necesidad de concretar planes y políticas de escala municipal y provincial de seguimiento profesional de las ampliaciones.

Se observa que, en muchos casos, las maneras de crecimiento se explican por la forma y proporción del terreno y que el valor económico del m<sup>2</sup> ha llevado a la construcción de viviendas compactas. Igualmente, se considera que todos los cambios producidos en las ampliaciones no son arbitrarios, sino que obedecen a patrones de conducta y son posibles de identificar, sistematizar, clasificar y cuantificar.

Al respecto, se considera que la selección de los casos de estudio es uno de los aspectos con mayor significancia. Deben seleccionarse aquellos que cuenten con toda la información necesaria para el análisis, que posean los planos completos y detallados, datos de consumo energético de forma diacrónica, que pueda obtenerse la cantidad de habitantes a lo largo del tiempo, etcétera. Toda esta información permite elaborar datos fiables que le brinda robustez a la metodología.

De esta manera, se piensa que realizar el análisis estadístico univariado, de cada variable pre y post ampliación es fundamental, ya que se puede observar de manera numérica y cuantitativa la variabilidad de la vivienda a través del tiempo. Además, esta herramienta de análisis permite comprender los datos de manera diacrónica y ha resultado de utilidad para la descripción y organización de la base de datos a utilizar en el Capítulo 4.

En el **CAPÍTULO N°4** se desarrolla el agrupamiento de viviendas en clústeres y se definen lineamientos de crecimiento eficiente. Como resultado, se concluye que, el análisis bivariado aplicado mediante el modelo de correlación ha permitido analizar el comportamiento entre dos variables y medir la relación entre ambas sin considerar dependencias. En particular, las mayores relaciones se dan entre variables del grupo arquitectura y uso, mientras que las variables del grupo envolvente se relacionan entre sí y no con las de otro grupo. Entre las mayores relaciones se encuentra la Superficie con el FOT, la envolvente y la variabilidad de m<sup>2</sup> en la zona de dormir y de estar. Esto tiene sentido ya que en todos los casos son variables directas, dependientes del aumento o disminución de los m<sup>2</sup> en una vivienda.

Seguidamente, los modelos de clúster han permitido agrupar a las viviendas en función de las características de ampliación en, viviendas de crecimiento eficiente óptimo, medio y regular. En este marco, se destacan las viviendas N°3, 4, 5, 10 y 21, de tipologías CP, PJF y CGTRa por presentar valores de consumo energético eficiente anual, valores de

consumo eficiente por habitante y valores de consumo energético eficiente por m<sup>2</sup>. Además, han crecido de manera eficiente en cuanto a orientación y posición en la parcela. Asimismo, los modelos de regresión lineal múltiple, desarrollados por clúster, posibilitan comprender cuales son las variables más significativas en el proceso de crecimiento de la vivienda IPV en relación con el consumo energético.

Se considera que cada método estadístico ha permitido resolver una pregunta de investigación planteada originalmente. No obstante, tan importante como el análisis en sí, es la organización y preparación previa de datos ya que esto implica una validación en sí misma de los métodos a aplicar. También, se reconoce que el software R utilizado para los análisis presenta un numeroso potencial aún no aprovechado.

Luego de lo mencionado, se han elaborado pautas de crecimiento, las cuales en su mayoría no implican necesariamente mayores costos de construcción, ya que se trata de aplicar adecuadamente pautas de diseño arquitectónico en relación con el clima y contexto local. Esto, asegura que las decisiones de diseño sobre la geometría edilicia no significan costos extras y puede aportar al ahorro en las facturas de energía durante la fase de uso de la vivienda. Los lineamientos propuestos se desarrollan en base a las variables y aspectos de análisis, los clústeres elaborados y las tipologías barriales, de esta forma se busca dar respuesta a los modos de crecimiento identificados.

En el **CAPÍTULO 5** se selecciona una vivienda representativa de uno de los clúster, a la cual se le aplican los criterios de ampliación eficiente y se obtienen los respectivos ahorros energético al comparar la ampliación real y la ampliación con criterios de eficiencia. Luego se calculan los ahorros para el resto de las viviendas del clúster al que pertenece, de esta forma es posible cuantificar el potencial de ahorro disponible en los procesos de crecimiento y ampliación de las viviendas IPV.

Con la metodología elaborada es viable realizar el proceso analítico de registrar, recopilar, medir y procesar una serie de información que revela el proceso de crecimiento de una vivienda. Es elevada la factibilidad de aplicar este tipo de análisis en casos reales de construcción, incluso una vez que el proyecto ya está definido. Se espera que los lineamientos definidos, de manera sencilla, sean de fácil comprensión y funcionen como hoja de ruta en los procesos de crecimiento residencial.

Se considera que los resultados alcanzados pueden aportar, por ejemplo, al “Manual de ampliación de la Vivienda” propuesto por la Secretaría de Vivienda (2019) donde se

analiza la flexibilidad, la forma y proporción racional de cada ambiente, la intercomunicación fluida, la previsión de la viabilidad del desarrollo progresivo, el sistema constructivo que facilite el crecimiento a futuro, etcétera. Pero se omite la mirada sobre la EE y el ahorro energético residencial.

Los resultados obtenidos luego de la aplicación de los lineamientos de crecimiento eficiente a la vivienda representativa del C3 y su posterior extrapolación a los barrios del C3 el área urbana se observa que el sector residencial estatal, y en particular los procesos de crecimiento de cada vivienda, representa un enorme potencial de EE sin explorar.

## 6.2 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS E INTERROGANTES

Luego del desarrollo de la tesis se ha dado respuesta a los interrogantes planteados originalmente. Entre ellos;

- ¿De qué manera las variaciones producidas en la arquitectura, la envolvente y el uso durante los procesos de crecimiento de viviendas IPV del AMSJ, construidas entre 1990 y 2000, pueden influir sobre la demanda energética? Como se menciona en el Capítulo 3, apartado 3.6, las viviendas han crecido hacia los laterales formando una “tira” continua de construcción, lo cual es beneficioso ya que se reduce la superficie expuesta al exterior. Asimismo, el FF, el FC, el FAEP y el K de techos han variado de forma beneficiosa comparado con los valores del PO. En contraste, el FA en los PA presenta valores mayores a los del PO en la orientación norte y sur, por lo que debe cuidarse este aspecto vinculado a la iluminación y ventilación, y su influencia en la demanda energética. En cuanto al uso, la incorporación de superficie de estar-comedor que en promedio se ha duplicado y en algunos casos triplicado, influye en la demanda energética, considerando el equipamiento que suele incorporarse en este tipo de uso espacial (por ejemplo, aires acondicionados).
- ¿Cuál es el potencial de ahorro energético que se puede lograr a partir de un crecimiento energéticamente eficiente de las ampliaciones en el sector residencial? En base a los resultados obtenidos en el Capítulo 5 apartado 5.2, el potencial de ahorro ronda el 50%, sin embargo, la metodología desagrega los posibles ahorros a obtener, los cuales se pueden ir alcanzando de forma paulatina según el aspecto y variable donde se realicen las mejoras.

- ¿Qué formas tecnológico-constructivas se evidencian en las diferentes acciones de crecimiento formal de las viviendas IPV y cuáles serían las recomendadas para dar respuesta a la localización del AMSJ en su particular contexto sísmico? Se menciona que, al ampliar, las viviendas IPV han incrementado su tamaño y lo han hecho de forma compacta, esto es algo positivo desde el aspecto sísmico. También han mantenido relaciones de aspecto óptimas, es decir que entre la planta y la elevación existe una relación armoniosa que no propiciaría, en caso de sismo, problemas de torsión y volcamiento. Como se observa en la Figura 28, las ampliaciones tienden a ser macizas, tanto en planta como en altura, más que ser construcciones altas y delgadas, lo que favorece el vuelco. Sin embargo, en ningún caso, se observan construcciones simétricas ni en planta ni en altura, este sería un aspecto por mejorar ya que las construcciones simétricas son más resistentes a los esfuerzos sísmicos horizontales.
- ¿Qué aspectos y variables justificaría incorporar la mirada diacrónica en la elaboración de las estrategias para la evaluación energética de viviendas IPV? En base a lo analizado en Capítulo 3, la vivienda IPV se ha modificado en las 19 variables de análisis, por lo que se considera necesario incorporar el abordaje diacrónico en los cuatro aspectos de análisis estudiados. Únicamente, el FE y la K de muros, se han mantenido constantes antes y después de las ampliaciones, lo que significa que la superficie expuesta y la envolvente han aumentado de forma proporcional y que los materiales constructivos para los muros son los mismos en el PO y en el PA, es decir que ambos son de ladrillón de 0,20 m de espesor con revoque y enlucido en ambos lados.

En función del desarrollo del trabajo, es posible dar respuestas a las Hipótesis planteadas al inicio de este, las cuales aluden a;

- “Ante la ausencia de estrategias de crecimiento energéticamente eficientes de las viviendas IPV durante la fase de uso, contar con un instrumento metodológico que permita evaluar el rendimiento energético, sistematizando el análisis de las modificaciones en la arquitectura, la envolvente, la energía y el uso, representaría un aporte a la gestión pública del hábitat construido, a los habitantes residenciales y permitiría dimensionar el potencial de ahorro a futuro” Esta hipótesis se verifica, ya que como se observa en el Capítulo 3, Capítulo 4 y Capítulo 5, la metodología detallada en el Capítulo 2 es aplicada a una vivienda IPV, por lo cual se encuentra

validada y es factible de utilizarse en otros casos de estudio. Asimismo, en el Capítulo 5, apartado 5.2, se dimensiona el potencial ahorro que puede lograrse al aplicar estrategias de crecimiento eficiente.

- “Como resultado de los procesos de crecimiento formal de viviendas IPV en el AMSJ, se evidencian diferentes modificaciones en sus envolventes que repercuten en el comportamiento energético de la vivienda. Entre ellas puede nombrarse, el crecimiento del prototipo hacia otros colindantes, la relación entre superficie vidriada y superficie opaca, el equilibrio entre el aumento de superficie cubierta y envolvente expuesta al exterior, entre otros. Considerar estas modificaciones de manera sistemática permitiría mejorar la situación energética futura de las viviendas para reducir su demanda de energía contribuyendo con el habitante en la toma de decisiones a la hora de modificar su vivienda” Esta hipótesis se verifica, ya que como se observa en el desarrollo del Capítulo 5, apartado 5.1, es viable aplicar criterios y pautas de crecimiento en las viviendas IPV y que estas representen un aporte a la demanda de energía residencial.
- “Incorporar el enfoque diacrónico al abordaje metodológico, permite demostrar con mayor exactitud la variabilidad a la que está expuesta una vivienda IPV durante la fase de uso y dimensionar su impacto energético” Esta hipótesis se verifica, ya que como se observa en el desarrollo del Capítulo 3, el 91% de las variables de análisis han mostrado variabilidad durante los procesos de crecimiento de la vivienda IPV. En complemento, en el Capítulo 4, apartado 4.3, los modelos de regresión muestran el impacto de las variables de análisis en el comportamiento energético de la vivienda.
- “Sistematizar los procesos dinámicos de ampliaciones del conjunto de viviendas sociales construidas por el Estado desde la perspectiva de la demanda de energía, permitiría dimensionar el problema, a lo largo del tiempo, para fortalecer las políticas de vivienda a largo plazo y optimizar el uso de los recursos del país”. Esta hipótesis se verifica, ya que como se observa en el desarrollo del Capítulo 4 y Capítulo 5, particularmente en el apartado 4.4, 5.1 y 5.2, sistematizar el proceso de crecimiento del sector residencial IPV posibilita cuantificar el ahorro energético y por tal, optimizar el uso del recurso energético.

### 6.3 TRANSFERENCIAS Y APORTES REALIZADOS A LA DISCIPLINA

En cuanto a las TRANSFERENCIAS realizadas en el ámbito científico se mencionan;

- COMUNICACIÓN PÚBLICA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA. Ampliaciones Eficientes (2024). I Festival de Ciencia y Tecnología de San Juan.
- REVISTA INTERNACIONAL CON REFERATO. Envolvente y diacronicidad en normativas de evaluación energética residencial (2024). Michaux, C., Viegas, G. y Blasco Lucas, I. Revista ESTOA, 13(25), 69–82.  
<https://doi.org/10.18537/est.v013.n025.a04>
- REVISTA INTERNACIONAL CON REFERATO. Normativas internacionales sobre eficiencia energética edilicia Análisis comparativo de evaluaciones en la envolvente arquitectónica (2023). Michaux, C., Viegas, G. y Blasco Lucas I. Revista Anales de Investigación en Arquitectura, 13(1).  
<https://doi.org/10.18861/ania.2023.13.1.3369>
- REVISTA INTERNACIONAL CON REFERATO. Evolución y crecimiento oficial en viviendas del Instituto Provincial de la Vivienda (2021) Michaux, C., Viegas, G. y Blasco Lucas I. Revista de Arquitectura, vol. 26, 41, pp. 6-15.  
<https://doi.org/10.5354/0719-5427.2021.65019>
- CONGRESO INTERNACIONAL. Evaluación diacrónica de la eficiencia energética residencial durante la fase de uso en viviendas IPV (2023). Michaux, C. III Simposio internacional de doctorandos en desarrollo urbano sustentable de Latinoamérica y el Caribe. CEDEUS y REDEUS-LAC. Chile, 17,24 y 31/03/2023. Modalidad Virtual. <https://redeus.org/wp-content/uploads/2023/05/Resumen-ID-15--Celina-Michaux.pdf>
- CONGRESO INTERNACIONAL. III Simposio internacional de doctorandos en desarrollo urbano sustentable de Latinoamérica y el Caribe. Organizado por CEDEUS y REDEUS-LAC. Chile, 17,24 y 31/03/2023. Modalidad Virtual.  
<https://redeus.org/maria-celina-michaux/>
- CONGRESO INTERNACIONAL. VIII Clínica de Tesis Doctoral DOCASUR. Organizado por Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, 14 al 16/09/22. Modalidad Virtual.

- CONGRESO INTERNACIONAL. FLACAM +32: Congreso. Innovación y Proyectos para el Desarrollo Sustentable. Organizado por Programa Unitwin y Cátedras UNESCO. Buenos Aires, 23-25/03/2022. Modalidad virtual. Disponible en [https://youtube.com/playlist?list=PLuJw\\_lu\\_qUmwL62RtnI4eg5LUREKIUeoK](https://youtube.com/playlist?list=PLuJw_lu_qUmwL62RtnI4eg5LUREKIUeoK)
- CONGRESO INTERNACIONAL. FLACAM +32: Pre-Congreso. Innovación y Proyectos para el Desarrollo Sustentable. Organizado por Programa Unitwin y Cátedras UNESCO. Buenos Aires, 6-8/12/2021. Modalidad virtual. Disponible en <https://vimeo.com/654935020/b2c8862234>
- CONGRESO NACIONAL. Modelos de ampliaciones energéticamente eficientes para viviendas IPV de la Ciudad de San Juan – Argentina (2023). Michaux, C., Alonso Frank, A., Martín, N. y Ré, G. II Jornadas de Investigación y Creación FAUD-UNSJ, 24/10/2023.
- PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. Proyecto Modelos de ampliaciones energéticamente eficientes para viviendas IPV de la Ciudad de San Juan – Argentina. IRPHa-CONICET, FAUD-UNSJ. Proyecto Interno. Resolución 140/2022-CD-FAUD. Directora: Arq. María Celina Michaux. Período 01/2023- 01/2024.

Se espera que los aportes desarrollados en esta tesis puedan ser utilizados por profesionales (arquitectos, ingenieros, maestros mayores de obra, entre otros) en las etapas de diseño, construcción y ampliación de viviendas unifamiliares. Asimismo, que sea de utilidad para investigadores y la comunidad científica que aborde temáticas vinculadas a la sustentabilidad y EE en el entorno residencial, la envolvente arquitectónica y la mirada diacrónica en la vivienda.

Los resultados de la investigación son factibles de integrarse en planes de mejoramiento energético residencial, proyectos de planificación energética, o cualquier intención similar de origen estatal o socio-comunitaria, que tengan como fin la reducción en la demanda de energía en el ámbito construido. También, es viable la posibilidad de transferencia a entes gubernamentales encargados del desarrollo y planificación del parque edilicio, así como a cooperativas de construcción.

Se destaca, finalmente, que los aportes resultan en un valioso insumo para futuros planes de rehabilitación o renovación urbana del parque de viviendas existentes donde se necesite conocer el proceso de crecimiento de la vivienda. Conjuntamente, son de utilidad para barrios en etapa de diseño o construcción donde, de forma previa, se

conozcan los cambios futuros en la vivienda. Así, desde el inicio se cuenta con el conocimiento, apoyo y control del Estado, permitiéndole proyectar el desarrollo del parque residencial en el mediano y largo plazo. En la misma línea se espera transferir los resultados obtenidos al IPV, a DPDU, a la Secretaría de Medio Ambiente, a la Dirección de Arquitectura, entre otras.

Como CONTRIBUCIONES Y APORTES al campo disciplinar del Hábitat y Diseño y dentro de este, a la Arquitectura se menciona;

- La Metodología de evaluación diacrónica de la eficiencia energética en los procesos de ampliación residencial, explicada en detalle en el Capítulo 2.
- los lineamientos integrales de crecimiento y ampliación residencial desarrollados en el Capítulo 4 y en el Anexo 1.
- el conocimiento preciso de los modos de ampliación de la vivienda IPV en el AMSJ en base a las 22 variables de análisis pertenecientes a la arquitectura, la envolvente, la energía y el uso desarrollado en el Capítulo 3.
- el potencial de ahorro existente en los procesos de ampliación residencial aplicando criterios de eficiencia detallados en el Capítulo 5.
- el desarrollo de modelos de clúster y de regresión lineal múltiple a partir de consumos energéticos reales.

Asimismo, se han descrito en detalle los paquetes estadísticos utilizados en el software R con la intención de que pueda ser de utilidad y replicado por otra persona evitando el efecto “caja negra”, denominado así en el medio científico a todo aquel sistema o dispositivo que es visto en términos de entradas y salidas, sin ningún conocimiento de su funcionamiento interno (Wang, 2018).

## 6.4 PRÓXIMOS DESARROLLOS Y FUTURAS INVESTIGACIONES

En base al trabajo desarrollado y a los alcances logrados, han surgido interrogantes y líneas de investigación que darán continuidad a la presente investigación;

- Profundizar en los procesos de crecimiento de la vivienda, con el foco en el crecimiento informal, ya que como se observa en el Capítulo 3, apartado 3.1 de 3.410 viviendas solo el 2% realizó las ampliaciones de forma legal mediante la presentación del plano de ampliación en DPDU. Esto indica que en su mayoría las

ampliaciones se realizan de manera informal por lo que se espera abordar estos casos de estudio.

- Operacionalizar la metodología elaborada a partir de sistematizar sus etapas, así como incorporar nuevas variables que permitan obtener resultados más certeros de los procesos de crecimiento que ocurren en las viviendas IPV.
- Analizar los procesos de crecimiento de la vivienda agregando como variables las modificaciones constructivas internas que se realizan en los procesos de ampliación (por ejemplo, el uso de tabiques separadores, de muebles divisorios, las particiones y divisiones internas), el reordenamiento espacial interior, la flexibilidad funcional y vincular estos cambios con variables de energía y confort térmico (como la iluminación y ventilación natural).
- Estudiar la variabilidad de la vivienda IPV en cuanto a: la incorporación de usos no residenciales en las ampliaciones (como kioscos, peluquerías, oficinas, entre otros), las formas de uso, la sustitución de los equipamientos eléctricos, los modos de vida de los usuarios, los tipos de familias y su vinculación con el consumo energético.
- Elaborar una “Guía de Ampliación Eficiente Residencial”, donde se puedan concentrar los avances científicos logrados. Se espera que los mismos puedan ser traducidos a un producto escrito, que, de forma simple y gráfica, eduque y genere conciencia sobre la importancia de una ampliación residencial consciente y su vínculo con el ahorro energético y la EE residencial.
- Incorporar una etapa analítica-económica, que reúna como parte de las propuestas de mejora, las diversas opciones de mejora del aislamiento térmico, ya que el ideal es aquel que permite los máximos ahorros sin incrementos económicos y por tal, una vez alcanzado este nivel, no sería necesario más aislación (solo se conseguiría un incremento del costo sin un aumento del ahorro energético). Esto sugiere la incorporación de un análisis económico que se integre a los lineamientos de crecimiento sugeridos.
- Automatizar los resultados conseguidos, en el Capítulo 3,4 y 5 en planillas, tipo Excel, de modo que se conforme una base de datos y que, en función del barrio IPV, se identifiquen las opciones de ampliación acordes.

- Establecer las potencialidades de ahorro energético al aplicar lineamientos de ampliación eficiente en viviendas IPV, mediante la utilización de técnicas y análisis estadísticos prospectivos que permitan la cuantificación de energía ahorrada a futuro (y no solo retrospectivo como se desarrolló en el Capítulo 5 apartado 5.2).
- Desarrollar el aplicativo mencionado en el Capítulo 5 apartado 5.2.1 el cual se refiere al etiquetado para evaluar la eficiencia del crecimiento residencial y operacionalizar su aplicación en la escala barrial.
- Complementar el análisis de la variabilidad de la vivienda IPV obtenido, integrando como variables de análisis: el coeficiente volumétrico de calefacción (Gcal), el coeficiente volumétrico de refrigeración (Gref), la carga térmica de calefacción (Qcal) y la carga térmica de refrigeración (Qref). Se espera analizar los valores del PO y el PA para cada vivienda y compararlos con los valores admisibles recomendados por las Normas IRAM, como así también cotejarlos con los valores de consumo energético reales de las viviendas.

Además, se espera continuar desarrollando dos iniciativas enmarcadas en la presente tesis. La primera, desarrollada en el marco de la Capacitación Diseño de Interfaces realizada en 2021 y organizado por Ministerio de Producción y Desarrollo Económico hace referencia a una aplicación de celular donde se muestran los avances logrados en esta investigación. Al momento se encuentra la estructura de la aplicación celular realizada en el software Invision (Figura 72). La misma muestra al habitante residencial opciones de ampliación en base a su tipología barrial, para eso el habitante debe especificar su localización.



Figura 72. Prototipado App Ampliación Residencial Eficiente. Fuente: elaboración propia, 2023.

La segunda iniciativa hace referencia a un sitio web, el cual tiene su origen en la página oficial del IPV provincial, donde se pueda acceder a los avances logrados en esta

investigación en términos de crecimiento eficiente. Esta idea surge de la Capacitación realizada en el año 2022 denominada “Herramientas para comunicar ciencia en los medios: una propuesta para investigadores” organizada por la Universidad Nacional de Misiones (Figura 73). Se espera que las ideas mencionadas puedan desarrollarse, en un futuro próximo, en el marco del Programa Marc San Juan Tec. Transformando tesis en empresa organizado por el Ministerio de Producción y Desarrollo Económico.

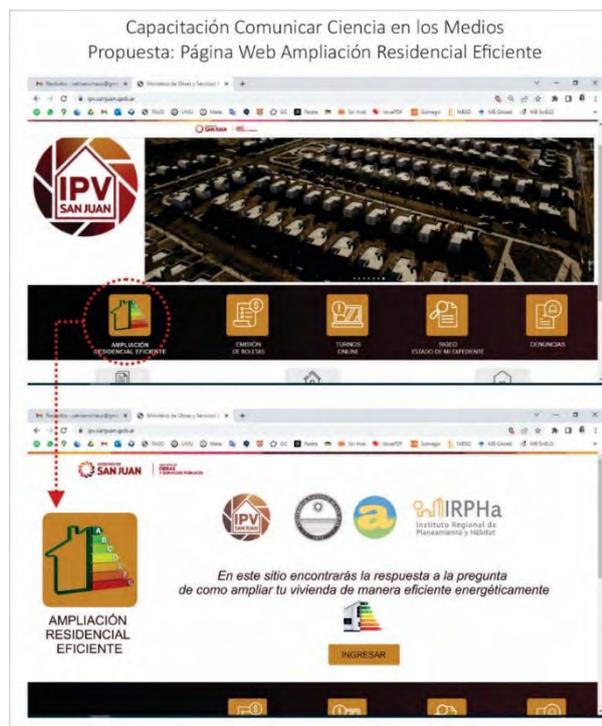


Figura 73. Propuesta Página Web Ampliación Residencial Eficiente. Fuente: elaboración propia, 2023.

En coincidencia con Brand (1994) en que “una vivienda no es algo que acabas, es algo que empiezas”, se espera que la presente investigación aporte a mejorar los niveles de habitabilidad, optimizar la EE y reducir la demanda de energía. Esto, mientras se acompaña el proceso de crecimiento natural y propio de cada vivienda, donde se permiten diferentes interpretaciones espaciales y diversos usos.

Se considera que uno de los objetivos de la arquitectura residencial del siglo XXI es ser más receptiva y resonante con los diversos modos de habitar, sin perder de vista el apremiante contexto ambiental-energético que nos asedia. En consecuencia, el diseño arquitectónico debe responder, adecuarse y ajustarse a estos principios de manera integral, es decir, mediante una arquitectura residencial eficiente y adaptable.



# REFERENCIAS

---



- ABBY. (2019). *ABBY Fine Reader 15* [Software].  
[https://pdf.abby.com/media/2284/users\\_guide\\_es.pdf](https://pdf.abby.com/media/2284/users_guide_es.pdf)
- Abiko, A. K. (1995). *Introdução à Gestão Habitacional* [Tesis de grado, Escola Politécnica da USP Brasil].  
[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7487965/mod\\_resource/content/0/TTGestaoHabitacional29Nov2004.PDF](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7487965/mod_resource/content/0/TTGestaoHabitacional29Nov2004.PDF)
- Acharya, L. (2013). *Flexible architecture for the dynamic societies. Reflection on a journey from the 20th century into the future* [Tesis de maestría, University of Tromsø].  
[https://www.academia.edu/14932021/FLEXIBLE\\_ARCHITECTURE\\_FOR\\_THE\\_DYNAMIC\\_SOCIETIES\\_Reflection\\_on\\_a\\_Journey\\_from\\_the\\_20\\_th\\_Century\\_into\\_the\\_Future\\_KVI\\_3900](https://www.academia.edu/14932021/FLEXIBLE_ARCHITECTURE_FOR_THE_DYNAMIC_SOCIETIES_Reflection_on_a_Journey_from_the_20_th_Century_into_the_Future_KVI_3900)
- ADEERA. (2023). *Informes anuales de demanda*. <https://www.adeera.org.ar/>.
- Adler, V., y Vera, F. (2018). *Vivienda ¿Qué viene? De pensar la unidad a construir ciudad* (Banco Interamericano de Desarrollo).<http://dx.doi.org/10.18235/0001594>.
- Aguilar Hidalgo, C. A. (2013). *Arquitectura Polivalente. Proyecto arquitectónico de conjunto habitacional adaptable hacia la sustentabilidad en Comitán, Chiapas*. 1–08. [https://www.academia.edu/8099594/Arquitectura\\_Polivalente](https://www.academia.edu/8099594/Arquitectura_Polivalente)
- 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, Technische Universiteit Eindhoven].  
<https://doi.org/10.6100/IR762203>.
- Alcalá, L. I., Pelli, M. B., Giró, M. G., y Lentini, M. (2018). *Políticas habitacionales vigentes en Latinoamérica y España: Seminario Internacional*. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional del Nordeste.  
<http://repositorio.unne.edu.ar/xmlui/handle/123456789/27827>.
- Al-Homoud, M. S. (1997). Optimum thermal design of air-conditioned residential buildings. *Building and Environment*, 32(3), 203–210.  
[https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(96\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(96)00055-8).
- Alías, María H., y Guillermo, J. J. (2011). Eficiencia energética en viviendas sociales. Incidencia de la envolvente en el consumo eléctrico para mantener el bienestar higrotérmico en los espacios interiores. *Arquisur*, 01–14.  
<https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/439>.
- Alonso Frank, A. (2020). Certificado de eficiencia energética integral de edificios en etapa postocupación. El Usuario-Habitante como dimensión de análisis. *Arquitectura e Urbanismo: Abordagem Abrangente e Polivalente*, 188–203.  
<https://doi.org/10.22533/at.ed.95420220714>
- Alvarez, A., y Ripoll Meyer, V. (2019). Ciclo de vida. Valoración de materiales constructivos en la vivienda social de zonas árido-sísmicas. *Arquitecto*, (14), 24–32.  
<https://doi.org/10.30972/arg.0144147>
- Amat, J. R. (2016a). *Introducción a la Regresión Lineal Múltiple*. Ciencia de Datos.  
[http://www.cienciadedatos.net/documentos/25\\_regresion\\_lineal\\_multiple.html](http://www.cienciadedatos.net/documentos/25_regresion_lineal_multiple.html).

- Amat, J. R. (2016b). *Introducción a la Regresión Lineal Múltiple*. [https://www.cienciadedatos.net/documentos/25\\_regresion\\_lineal\\_multiple#Apuntes\\_varios\\_\(miscellaneous\)](https://www.cienciadedatos.net/documentos/25_regresion_lineal_multiple#Apuntes_varios_(miscellaneous)).
- Andersen, A., Martini, I., y Discoli, C. (2019). Clasificación y evaluación del sector residencial orientada a la aplicación masiva de estrategias de reciclado edilicio. *AREA*, 25(1), 1–24. [https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2501/2501\\_andersen\\_et\\_al.pdf](https://www.area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA2501/2501_andersen_et_al.pdf)
- Andor, M. A., Bernstein, D. H., y Sommer, S. (2021). Determining the efficiency of residential electricity consumption. *Empirical Economics*, 60(6), 2897–2923. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00181-020-01967-4>
- Angiolini, S. (2017). *10 recomendaciones para diseñar viviendas en el clima de Córdoba*. Editorial de la Facultad de Arquitectura, 1<sup>ra</sup> ed. <http://hdl.handle.net/11086/15076>.
- Angiolini, S., Pacharoni, A., Sánchez, G., y Bracco, M. (2007). Comparación del gasto energético para acondicionamiento térmico en vivienda social de distintos períodos en Córdoba. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11, 1-7 . <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/93790>.
- Aram, R., y Alibaba, H. Z. (2019). Thermal Comfort and Energy Performance of Atrium in Mediterranean Climate. *Sustainability* 2019, 11(4), 1213. <https://doi.org/10.3390/SU11041213>.
- Arimie, C. O., Biu, E. O., y Ijomah, M. A. (2020). Outlier detection and effects on modeling. *Open Access Library Journal*, 07(09), 1–30. <https://doi.org/10.4236/oalib.1106619>.
- Arquitectura y Decoración. (2024). *¿Como debe ser una casa en clima cálido?* [https://www.scatec.es/como-debe-ser-una-casa-en-clima-calido/?expand\\_article=1](https://www.scatec.es/como-debe-ser-una-casa-en-clima-calido/?expand_article=1)
- ASHRAE. (2018). *Energy-Efficient Design of Low-Rise Residential Buildings*. Standard 90.2-2018. [www.ashrae.org/technology](http://www.ashrae.org/technology).
- Autodesk. (2022). *Software AutoCAD*. <https://latinoamerica.autodesk.com>.
- Aziz, S. S., Alobaydi, D., y Salih, A. B. M. (2020). Studying Flexibility and Adaptability as Key Sustainable Measures for Spaces in Dwelling Units: A Case Study in Baghdad. *3rd International Conference on Sustainable Engineering Techniques*, 881(1), 1–14. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/881/1/012019>.
- Barreto, C. (2011). *Introducción a la estadística no paramétrica (parte II): Prueba de correlación de Spearman*. <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/wp-content/uploads/2019/01/Coeficiente-de-correlaci%C3%B3n-de-Spearman-.pdf>.
- Barreto, M. A. (2017). Retorno de la mercantilización de la vivienda social en Argentina. Mirada comparada con períodos recientes. *PENSUM*, 3(3). <https://doi.org/10.59047/2469.0724.V3.N3.19019>.
- Barreto, M. A. (2022). La política habitacional argentina en perspectiva histórica: entre las buenas intenciones y las restricciones estructurales. *AyP Continuidad*, 9(16). <https://doi.org/10.35305/23626097V9I16.375>.

- Barrionuevo, L. J., y Rubio-Barros, R. G. (6 de octubre de 2016). Argentine electricity market: Reforms and re-regulation. *IEEE Biennial Congress of Argentina*.  
<https://doi.org/10.1109/ARGENCON.2016.7585350>.
- 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.]
- Belaïd, F., y Massié, C. (2023). Driving forward a low-carbon built environment: The impact of energy context and environmental concerns on building renovation. *Energy Economics*, 124, 01–14. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106865>
- Bell Laboratories. (2022). *The R Project for Statistical Computing* [Software].  
<https://www.r-project.org/>
- Benites, L. (2021). *Definición y Ejemplos de Análisis Bivariados: ¿Qué son los datos bivariados?* <https://statologos.com/analisis-bivariado-2/>.
- Bernhardt, T. (2008). Special Forum on Economic Policy Studies: Dimensions of the Argentine Crisis 2001/02. A Critical Survey of Politico-Economical Explanations. *European Journal of Economics and Economic Policies*, 5(2), 254–266.  
<https://doi.org/10.4337/EJEEP.2008.02.03>
- Berretta, H. (1999). Sistema Constructivo Semilla. *Estudios Del Hábitat*, 2(6), 65–74.  
<http://bdzalba.fau.unlp.edu.ar/greenstone/collect/investig/index/assoc/AR109.dir/doc.pdf>
- Berretta, M., Furgeson, J., Wu, Y., Zamawe, C., Hamilton, I., y Evers, J. (2021). Residential energy efficiency interventions: A meta-analysis of effectiveness studies. *Campbell Systematic Reviews*, 17(4). <https://doi.org/10.1002/CL2.1206>
- Bezos Alonso, J. L. (2018). El concepto de Low Road de Stewart Brand como fundamento de estrategias para la adaptabilidad de los espacios en la vivienda contemporánea. *Arquitectura y Espacio–Soporte*, 19, 56–69  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12795/ppa>
- Bianchi, A. R., y Cravero, S. A. C. (2010). *Atlas climático digital de la república argentina* (INTA, 1<sup>ra</sup> ed) <http://sisol.salta.gob.ar/files/AtlasClimaticoINTA.pdf>
- BigRentz. (2021). *What is a building envelope and why is it beneficial?* Construction.  
<https://www.bigrentz.com/blog/building-envelope>
- Blanco Pepi, M. M., Cacopardo, G., y Freire, P. G. (2017). Aportes a la gestión del hábitat popular: vivienda progresiva y tecnologías de inclusión social desde una perspectiva territorial. *I+A Investigación + Acción*, 20(20), 11–38.  
<https://revistasfaud.mdp.edu.ar/ia/article/view/IA20-01>.
- Blasco Lucas, I. (2006). Potencial de ahorro energético en áreas residenciales desde un enfoque bioclimático. *Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de San Juan*.
- Blasco Lucas, I. (2011). Evaluación del comportamiento térmico-energético de alternativas bioclimáticas de mejoras en tipologías FONAVI. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 15, 1–10.  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/101660>.

- Blasco Lucas, I. (2021). Rehabilitación sustentable de vivienda barrial masiva en clima semi-árido: Evaluación termo-energética y microeconómica. *Informes de La Construcción*, 73(561), 01–11. <https://doi.org/10.3989/IC.62118>
- Blasco lucas, I. A. (2017). Rehabilitación termo-energética de envolvente en vivienda barrial masiva, localizada en clima semi-árido de argentina. *3° International Congress on Sustainable Construction and Eco-Efficient Solutions*, 305–317. <https://doi.org/DOI:10.5281/zenodo.1297169>.
- Blasco Lucas, I., Albarracín, O., y Carestia, C. (2000). Comportamiento energético de tipologías barriales en San Juan-Argentina. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 121–126. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79201>.
- Blasco Lucas, I., Roses, R., Hoesé, L., Carestia, C., Gómez, W., Facchini, M., Hidalgo, E., Pontoriero, D., Simón Gil, L., y De la Torre, M. (2004). *Vivienda, Clima y Energía: diagnósticos y propuestas en casos de estudio*.
- Blaxter, L., Hughes, C., y Tight, M. (2006). *How to Research* (McGraw-Hill Education, 3° ed.).
- BMVBS. (2010). *Monitoring and evaluation of energy certification in practice with focus on central European states* (ARGE Energieausweise Mitteleuropa). Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development.
- Boix, M. V., Di Virgilio, M. M., Marco, M. V., y Murillo, F. (2023). *Desafíos de la planificación territorial, el acceso al hábitat y a la vivienda: Asignaturas pendientes a 40 años del retorno de la democracia en Argentina*. <https://www.cippe.org/publicacion/desafios-de-la-planificacion-territorial-el-acceso-al-habitat-y-a-la-vivienda/>.
- Borge Díez, D., y Rosales-Asensio, E. (2020). *Energy services fundamentals and financing* (1° ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-04950-6>.
- BPIE. (2011). *Europe's buildings under the microscope: A country by country review of the energy performance of buildings* (Vol. 1). [https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR\\_EU\\_B\\_under\\_microscope\\_study.pdf](https://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/HR_EU_B_under_microscope_study.pdf).
- Brand, S. (1994). *How buildings learn: What happens after they're built*. (1° ed.). Penguin Group.
- BREEAM. (2008). BRE Global methodology for environmental profiles of construction products. *BRE (Building Research Establishment)*, 1–106.
- Brijesh, S. (27 de febrero de 2023). *Standardization and Normalization*. [https://medium.com/@brijesh\\_soni/stacking-to-improve-model-performance-a-comprehensive-guide-on-ensemble-learning-in-python-9ed53c93ce28](https://medium.com/@brijesh_soni/stacking-to-improve-model-performance-a-comprehensive-guide-on-ensemble-learning-in-python-9ed53c93ce28)
- Brito-Peña, R., Villa-Enderica, D., y Zalamea-León, E. (2022). Análisis comparativo de confort térmico de vivienda unifamiliar en LSF frente a mampostería. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 20, 100–124. <https://doi.org/10.17163/ings.n28.2022.10>.
- Caballao Gallestey, J. (2023). *Cluster analysis*. <https://www.britannica.com/topic/cluster-analysis>.

- Castro Alvarez, F., Vaidyanathan, S., Bastian, H., y King, J. (2018). The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. In *2018 International Energy Efficiency Scorecard*. <https://www.aceee.org/research-report/i1801>.
- Cea D' Ancona, M. A. (1996). *Metodología cuantitativa estrategias y técnicas de investigación social*.
- Centre for Energy Savings in Buildings. (2018). *Energy Requirements of BR18. A quick guide for the construction industry on the Danish Building Regulations 2018*. <https://doi.org/10.3382/ps.0540946a>.
- Cerdá, M. del C. B. (2014). *Estrategias metodológicas para la construcción de indicadores compuestos en la gestión universitaria* [Tesis de doctorado]. Universidad politécnica de Valencia. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=86413>
- Cevallos Torres, L., Valencia Martinez, N., y Barros Morales, R. (2017). *Análisis Estadístico Univariado* (Grupo Compás, 1<sup>ra</sup> ed.). Universidad de Guayaquil. <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/86/1/LIBRO%20CORRECCIONES.pdf>.
- Chévez, P. (2017). *Construcción de escenarios urbano-energéticos a partir de la implementación de estrategias de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial*. Universidad Nacional de Salta. <http://hdl.handle.net/11336/84424>.
- Chia, J. (2019). *Missing Data and Data Imputation*. [https://www.rpubs.com/justjooz/miss\\_data](https://www.rpubs.com/justjooz/miss_data).
- Chinthavali, S., Tansakul, V., Lee, S., Tabassum, A., Munk, J., Jakowski, J., Starke, M., Kuruganti, T., Buckberry, H., y Leverette, J. (2019). Quantification of energy cost savings through optimization and control of appliances within smart neighborhood homes. *UrbSys'19*, 59–68. <https://doi.org/10.1145/3363459.3363535>.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2<sup>a</sup> ed, Vol. 2). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Colegio de Agrimensores de San Juan. (2020). *Índices de Zonificación*. <http://www.agrimensoressanjuan.org.ar/CPASJAsp/Paginas/Acceso.asp?Accesold=18>.
- Colonelli, P., Guevara, J., Blender, M., Yañez, P., y Gráfica Andes. (2015). *Manual acondicionamiento térmico: criterios de intervención*. Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT. <https://cchc.cl/centro-de-informacion/publicaciones/publicaciones-manuales-tecnicos/manual-de-acondicionamiento-termico-criterios-de-intervencion>.
- Consejo nacional de la vivienda. (2010). *Gestión en materia habitacional en San Juan 2003 – 2010. Segunda reconstrucción de San Juan*.
- Cravero, S. A. C., Bianchi, C. L., Elena, H. J., y Bianchi, A. R. (2017). *Clima de la Argentina. Mapas digitales mensuales de precipitaciones y precipitación menos evapotranspiración potencial*. (1ra ed.) INTA.
- Cremaschi, V. (2022). Habitar San Juan en el posterremoto de 1944. Un análisis a partir de la prensa. *Cuaderno 175. Centro de Estudios En Diseño y Comunicación*, 175. <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/cdc/article/view/8596>.

- Cubillos González, R. A. (2006). Vivienda social y flexibilidad en Bogotá. ¿Por qué los habitantes transforman el hábitat de los conjuntos residenciales? *Bitácora Urbano/Territorial*, 10(1), 124–135.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74831071010>
- Cubillos González, R. A. (2010). Diseño de prototipos flexibles de vivienda social en Bogotá. *Studiositas*, 5(2), 19–25.  
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/5eca65b1-711e-4317-ae60-8e5e65d8c7e3/content>.
- Cubillos González, R. A. (2012). Estudio y Gestión de estándares mínimos de flexibilidad en la vivienda social en Bogotá. *Revista de Arquitectura*, 14, 64–75.  
<https://revistadearquitectura.ucatolica.edu.co/article/view/727>.
- Czajkowski, J., Gil, S., y Strier, D. (2017). Eficiencia Energética en la Construcción: oportunidades para incrementar el confort del hábitat, ahorrar energía y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero Descripción. *Construcción Sustentable, September*, 1–62.
- Czajkowski, J., y Gómez, A. F. (2002). *Diseño bioclimático y economía energética edilicia. Fundamentos y métodos*, (1ra ed. Vol 1). Universidad Nacional de La Plata.  
<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/72077>.
- Dagdeviren, H. (2012). Crisis, sustainability of electricity prices and state interventions in Argentina. *Industrial and Corporate Change*, 21(2), 403–427.  
<https://doi.org/10.1093/ICC/DTR044>.
- Datosmacro. (2024). *Consumo de electricidad per cápita 2022*. Energía y Medioambiente. <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-consumo>.
- Denza, A., y Lauria, M. (2020). *Validità dell' Attestato di Prestazione Energetica*. Validità Dell'APE. <https://www.certificato-energetico.it/validita.html>.
- Díaz, C. J., y Czajkowski, J. D. (2008). Consumo energético en viviendas sociales de Tierra del Fuego. *XXXI Congreso de Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, 12. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/95288>.
- Díaz, D. J. (2017). *Arquitectura Flexible: Open Building en viviendas*. [Tesis de grado, Universidad politécnica de Madrid] <https://oa.upm.es/47501/>
- Diccionario de Oxford. (2023). *Definición de Sincronía y Diacronía*. <https://www.lexico.com/es>.
- Dijk, D. Van, y Hogeling, J. (2019). The new EN ISO 52000 family of standards to assess the energy performance of buildings put in practice. *CLIMA 2019 Congress*, 111, 02–07. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911104047>
- Díscoli, C. A., Martini, I., Viegas, G. M., Barbero, D. A., y Rodríguez, L. G. (2016). Pautas para el reciclado masivo de la envolvente edilicia residencial. *Urbano*, 19(33), 54–65. <http://hdl.handle.net/11336/183262>.
- DPDU. (1951). *Código de Edificación de la Provincia de San Juan*.
- Earle, L., Maguire, J., Munankarmi, P., y Roberts, D. (2022). The impact of energy-efficiency upgrades and other distributed energy resources on a residential

- neighborhood-scale electrification retrofit. *Applied Energy*, 329. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2022.120256>.
- Echaiz Rodas, C. (2018). *Material de estudio para la asignatura de Taller de Tesis*. <https://proyectoseducativoscr.wordpress.com/elaboracion-del-ante-proyecto/capitulo-iii->
- Encinas, F. (2021). Autoconstrucción y calidad del ambiente interior: desafíos para la vivienda incremental en Chile. En CEDEUS y CIGIDEN, *Conferencia Internacional 2021 Ciudades Resilientes Desde el Sur Global*. <https://conferenciaciudadesresilientes.cl/wp-content/uploads/2023/05/Acta-de-resumenes-Conferencia-Internacional-Ciudades-Resilientes.pdf>.
- ENERDATA. (2023a). *Emisiones de CO2 procedentes de la combustión de combustibles*. Anuario Estadístico 2023. <https://datos.enerdata.net/co2/emisiones-CO2-procedentes-quema-combustible.html>.
- ENERDATA. (2023b). *Producción mundial de energía*. Anuario Estadístico 2023. <https://datos.enerdata.net/energia-total/produccion-energetica-mundial.html>.
- ENERGAS. (2024). *El consumo de gas de los artefactos*. Eficiencia Energética. <https://www.enargas.gob.ar/secciones/eficiencia-energetica/consumo-artefactos.php>.
- Energy Sage Staff. (6 de diciembre de 2023). *Why conserve energy: 8 benefits of energy efficiency*. Energysage. <https://www.energysage.com/energy-efficiency/why- conserve-energy/>.
- EnergyPlus. (2016). *Weather data by country. South America - Argentina*. Weather Data Sources. <https://energyplus.net/weather-region/south-america-wmo-region-3/ARG>.
- ENRE. (2024). *Consumo básico de electrodomésticos*. Uso Eficiente y Seguro. Ente Nacional Regulador de la Electricidad. <https://www.argentina.gob.ar/enre/uso-eficiente-y-seguro/consumo-basico-electrodomesticos>.
- EPA. (febrero de 2024). *Calculador de equivalencias de gases de efecto invernadero*. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculador-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero#results>.
- EPRE. (2022). *Anuario EPRE 2022-2023*. Ente Provincial Regulador de la Electricidad, San Juan. <https://epresanjuan.gob.ar/anuarios/2022-2/>.
- Erdoğan, M. M., Karaca, C., y Kurultay, A. (2019). Economic Potentials of Energy-Efficient Residential Building Envelope Retrofitting in Turkey. *Architecture and Design*, 340–367. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-0440-5.CH015>.
- Esandi, I. (2020). *Déficit habitacional en Argentina, un problema histórico que espera respuesta*. Punto Convergente. <https://puntoconvergente.uca.edu.ar/deficit-habitacional-en-argentina-un-problema-historico-que-espera-respuesta/>.
- Estaji, H. (2017). A Review of Flexibility and Adaptability in Housing Design. *International Journal of Contemporary Architecture "The New ARCH"*, 4(2), 37–49. <https://doi.org/10.14621/tna.20170204>.
- Estamática. (2021). *Análisis de correlaciones*. Estadística. <https://estamatica.net/analisis-de-correlaciones/>.

- Esteves, A., y Gelardi, D. (2013). Relación entre los costos relativos de viviendas sustentables y su forma. *Revista Científica de La Universidad de Mendoza*, 1. <https://www.um.edu.ar/ojs2019/index.php/RECIUM/article/view/58>.
- Estrucplan. (4 de febrero de 2024). *Evolución de la matriz eléctrica argentina*. Energía Eléctrica. <https://estrucplan.com.ar/evolucion-de-la-matriz-electrica-argentina/>.
- European Environment Agency. (2023). *Energy efficiency*. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/energy-efficiency>.
- Far, C., y Far, H. (2018). Improving energy efficiency of existing residential buildings using effective thermal retrofit of building envelope. *Indoor and Built Environment*, 28(6), 744–760. <https://doi.org/10.1177/1420326X18794010>.
- Fernandes, M. (2003). Agenda habitat para municipios. *IBAM*, 224. [http://www.participa.br/articles/public/0007/9445/Agenda\\_Habitat\\_para\\_Munic\\_pios\\_Brasil.pdf](http://www.participa.br/articles/public/0007/9445/Agenda_Habitat_para_Munic_pios_Brasil.pdf).
- Ferrero, J. (1998). La vivienda evolutiva. In *Vivienda Popular* (Vol. 3, pp. 5–11). <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/20305>.
- Ferrero, R. (2019). *Análisis de correlación*. <https://www.maximaformacion.es/blog-dat/analisis-de-correlacion-guia-rapida-en-r/>.
- Filippín, C., De Rosa, C., y Bernardos, J. (1995). Variación del perfil energético estacional en viviendas de Interés Social en La Pampa. *17º Reunión de Trabajo de ASADES*, 23–30. <https://portalderevistas.unsa.edu.ar/index.php/averma/article/view/2627/2534>.
- Filippín, M. C. (2007). Análisis del consumo de gas natural en viviendas multifamiliares en bloque en un clima templado frío de Argentina. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11, 1–7. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/92737>.
- Fiscarelli, D. (2016). *Adaptabilidad y vivienda de producción estatal estrategias y recursos proyectuales: Subprograma de urbanización de villas y asentamientos precarios. 2005-2009. Parte II*. Universidad Nacional de La Plata.
- 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://doi.org/10.14409/ar.v8i13.6817>
- Flores Larsen, S., y 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://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/148408>.
- French, H. (2016). *Adaptable Housing: accommodating change* [Tesis doctoral, University of Brighton] <https://research.brighton.ac.uk/en/studentTheses/adaptable-housing-accommodating-change>
- Friedman, A. (2002). *The Adaptable House: Designing Homes for Change* (1° ed.). McGraw-Hill Professional. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2609247>
- Galiano Garrigós, A. (2013). *Análisis comparado de las metodologías de evaluación y certificación del comportamiento energético de los edificios en la Unión Europea*. Universidad de Alicante. <https://rua.ua.es/dspace/handle/10045/33421>

- García Huidobro, F., Torres Torriti, D., y Tugas, N. (2005). PREVI Lima: 35 años después. *ARQ (Santiago)*, 59, 72–76. <https://doi.org/10.4067/s0717-69962005005900016>.
- García Huidobro, F., Torres Torriti, D., y Tugas, N. (2010). PREVI Lima y la experiencia del tiempo. *Revista Iberoamericana de Urbanismo*, 3, 10–19. <http://hdl.handle.net/2099/12264>.
- Gelabert Abreu, D., y González Couret, D. (2013a). Progresividad y flexibilidad en la vivienda. Enfoques teóricos. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIV (1), 1–15. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376834402003>.
- Gelabert Abreu, D., y González Couret, D. (2013b). Vivienda progresiva y flexible. Aprendiendo del repertorio. *Arquitectura y Urbanismo*, XXXIV (2), 48–63. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376834401005>.
- Gibson, M. D., y Kendall, S. H. (2011). Architecture in the Fourth Dimension. Methods and Practices for a Sustainable Building Stock. *Conference of CIB W104 and W110* (pp. 31–49). International Council for Research and Innovation in Building and Construction. <https://doi.org/10.2752/147800411x12858412044357>.
- Gil, S., y Prieto, R. (2014). Regulación del termostato, un modo simple y racional de ahorrar energía en calefacción. *Petrotecnica*, 6, 102–109. <https://www.researchgate.net/publication/273128462>.
- Gilani, G., y Türker, Ö. O. (2020). Assessing flexibility in real estate mass housing. *Revista Arquitectura*, 16(1), 1–22. <https://doi.org/10.4013/arq.2020.161.09>.
- Gilbert, N. (2008). *Researching social life* (3ª ed.). <https://openresearch.surrey.ac.uk/esploro/outputs/bookChapter/Researching-social-life/99513900502346>.
- Godet, M., y Durance, P. (2007). *Prospectiva Estratégica. Problemas y métodos* (2ª ed.). Cuadernos de LIPSOR. <https://archivo.cepal.org/pdfs/GuiaProspectiva/Godet2007.pdf>.
- González Lobo, C. (1998). *Vivienda y ciudad posibles* (Vol. 4, 1ª ed.). Escala.
- Gonzalez, M. (2019). *Qué es el FOT y el FOS*. <https://martilleramarcelag.wixsite.com/asesoramiento/post/qu%C3%A9-es-el-fot-y-el-fos>.
- Granero Realini, G., Barreda, M. P., y Bercovich, F. (2019). *La política habitacional en Argentina. Una mirada a través de los institutos provinciales de vivienda*. <https://www.cippece.org/publicacion/la-politica-habitacional-en-argentina-una-mirada-a-traves-de-los-institutos-provinciales-de-vivienda/>.
- Grounds, M. (2012). *Variations: Flexibility and Adaptability in Medium Density Housing*. Unitec Institute of Technology. <https://www.researchbank.ac.nz/items/f9d2cec7-62b5-4d53-a679-8765457f0912>
- Guest Contributor. (2023). *Cómo calcular el índice de respuesta a una encuesta: Una inmersión profunda en las métricas de las encuestas*. <https://blog.xoxoday.com/es/calculating-survey-response-rate/>.
- Guevara Garrido, J. P. (2015). *Reacondicionamiento térmico de viviendas: criterios de intervención integral* [Tesis de grado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137758>.

- Gutiérrez Mozo, M. E., y Pérez del Hoyo, R. (2015). PREVI: la tipología entre la fluidez de la vida y el rigor de la edificación. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 8(16), 186–205. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu8-16.ptfv>.
- Habraken, N. J. (1987). The Control of Complexity. In *Places* (Vol. 4, Issue 2, pp. 3–15). <https://escholarship.org/uc/item/9c52v1mw>.
- Habraken, N. J. (2005). *What is Open Building?* [https://www.habraken.com/html/open\\_building.htm](https://www.habraken.com/html/open_building.htm).
- Haim, P. A. (2013). Estudio para definir áreas geográficas adecuadas para la implementación de plantas solares termoeléctricas de torre en la Argentina. *Proyecciones*, 11(2), 55–66. <http://hdl.handle.net/20.500.12272/5720>.
- Hasan Rashed, A. (2023). The Impacts of Unsustainable Urbanization on the Environment. *IntechOpen*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110089>
- Hernández López, J., y Jiménez García, W. (2016). *Datos Bivariados - Probabilidad y Estadística*. Procesamiento de Información Estadística. <https://sites.google.com/site/probabilidadyestadistica4a/7---datos-bivariados>.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación* (McGraw Hill Education, 6° ed.). <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- Herrera Millar, J. A. (2003). *Vivienda Social Progresiva de Crecimiento Interior* [Tesis de grado. Universidad de Chile] <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100491>.
- Hossain, M. S. (2020). A parametric study of window, Orientation and Shading to Minimize Energy Consumption in Mechanically Ventilated High Rise Office Buildings in Dhaka, Bangladesh. *Asia Pacific Journal of Energy and Environment*, 7(1), 27–38. <https://doi.org/10.18034/APJEE.V7I1.271>.
- Huellas de Arquitectura. (24 mayo, 2013). *Recomendaciones de diseño en función del clima*. Evolución de La Arquitectura Moderna, Bioclimática y Sostenibilidad. <https://huellasdearquitectura.com/2013/05/24/recomendaciones-de-diseno-en-funcion-del-clima/>.
- Hurtado Ortiz, R. (2022). *Transformación de variables categóricas a numéricas y transformaciones numéricas*. Preparación de Datos. <https://efecode.com/preparacion-de-datos-transformacion-de-variables-categoricas-a-numericas-y-transformaciones-numericas>.
- IBM. (2023). *Regresión lineal múltiple - Documentación de IBM*. Cognos Analytics. <https://www.ibm.com/docs/es/cognos-analytics/11.1.0?topic=tests-multiple-linear-regression>.
- IEA. (2022a). *Buildings. Sectorial overview*. <https://www.iea.org/reports/buildings>.
- IEA. (2022b, March 23). *Sweden's Recovery Plan / energy efficiency of apartment buildings*. <https://www.iea.org/policies/13703-swedens-recovery-plan-energy-efficiency-of-apartment-buildings?s=1>.
- IEA. (2023a). *Buildings. Why are buildings important?* Energy System. <https://www.iea.org/energy-system/buildings>.
- IEA. (2023b). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.

- IEA. (2023c, February 15). *Labelling Programme Promoting Net Zero Energy Buildings – Policies - IEA*. <https://www.iea.org/policies/14734-labelling-programme-promoting-net-zero-energy-buildings?s=1>.
- INDEC. (2021). *Indicadores de condiciones de vida de los hogares en 31 aglomerados urbanos*. (Vol. 5). Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/eph\\_indicadores\\_hogares\\_05\\_235E6912BB48.pdf](https://www.indec.gob.ar/uploads/informesdeprensa/eph_indicadores_hogares_05_235E6912BB48.pdf)
- INDEC. (2022). *Distribución de la población por jurisdicción. Año 2022*. Mapas del Censo 2022. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [https://censo.gob.ar/index.php/mapa\\_poblacion1/#](https://censo.gob.ar/index.php/mapa_poblacion1/#).
- INDEC. (2023). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022/1° ed*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. [https://censo.gob.ar/wp-content/uploads/2023/02/cnphv2022\\_resultados\\_provisionales.pdf](https://censo.gob.ar/wp-content/uploads/2023/02/cnphv2022_resultados_provisionales.pdf).
- INPRES. (2013). *Zonificación Sísmica Argentina*. Mapa de Zonificación Sísmica. <http://contenidos.inpres.gov.ar/acelerografos/Reglamentos>.
- Instituto de Investigaciones Económicas y Estadísticas. (2023). *Proyecciones de viviendas 2023*. <https://web.sanjuan.gob.ar/iiee/>.
- International Code Council. (2018). *International Energy Conservation Code 2018*. <https://codes.iccsafe.org/content/iecc2018/chapter-4-re-residential-energy-efficiency>.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023. Synthesis Report*. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>.
- IPV. (2023). *Datos oficiales, cantidad de viviendas construidas por el IPV*.
- IRAM. (1969). *Norma IRAM 11553. Durabilidad de los edificios*. <http://www.biblio.fau.unlp.edu.ar/meran/opac-detail.pl?id1=9381>.
- IRAM. (2001). *Norma IRAM 11604. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente volumétrico G de pérdidas de calor. Cálculo y valores límites*. <https://www.iram.org.ar/>.
- IRAM. (2002a). *Norma IRAM 11549. Aislamiento térmico de edificios. Vocabulario*. <https://www.iram.org.ar/>.
- IRAM. (2002b). *Norma IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. <https://www.iram.org.ar/>.
- IRAM. (2004). *Norma 11659-1. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración*. <https://www.iram.org.ar/>.
- IRAM. (2012). *Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios*. <https://www.iram.org.ar/>.
- IRAM. (2017). *Norma IRAM 11900. Prestaciones energéticas en viviendas*. <https://www.iram.org.ar/>

- IRENA. (2023). *World Energy Transitions. Outlook 2023: 1.5°C Pathway*.  
<https://www.irena.org/Publications/2023/Jun/World-Energy-Transitions-Outlook-2023>
- Jakšić, Ž., Trivunić, M., y Adamtsevich, A. (2017). Flexibility and adaptability- key elements of end-user participation in living space designing. *MATEC Web of Conferences 106, 01001*, 1–10. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710601001>.
- Kadowaki, K., Fukao, S., y Arahira, T. (2003). Regeneration with Dwelling Unit Enlargement of Public Housing in Japan. *Proceedings of the Conference of CIB W104 Open Building Implementation Dense Living Urban Structures*, 267–275.  
<https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB12289.pdf>.
- Kendall, S. H. (2006). *Open Building*. Open Building Concepts. <http://www.open-building.org/ob/concepts.html>
- Khan, F. (31 de octubre de 2023). *¿Qué es la preparación de datos?* Astera. Enabling Data Driven Innovation. <https://www.astera.com/es/type/blog/data-preparation/>.
- Kim, S., Zadeh, P. A., Staub-French, S., Froese, T., y Cavka, B. T. (2016). Assessment of the Impact of Window Size, Position and Orientation on Building Energy Load Using BIM. *Procedia Engineering*, 145, 1424–1431.  
<https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.04.179>.
- Knaack, U., Klein, T., y Bilow, M. (2011). *Performance Driven Envelopes*.  
<https://bookrxiv.com/index.php/b/catalog/download/14/49/50?inline=1>.
- KPMG, y CAER. (2021). *Energías renovables en Argentina. Desafíos y oportunidades en el contexto de la transición energética global*. <https://www.cader.org.ar/wp-content/uploads/informe ERA 2021 ares-vf.pdf>.
- Kumar Dhar, T., Sk. Maruf Hossain, M., y Rubayet Rahaman, K. (2013). How does flexible design promote resource efficiency for housing? A study of Khulna, Bangladesh. *Smart and Sustainable Built Environment*, 2(2), 140–157.  
<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SASBE-10-2012-0051/full/html>.
- Kurbán, A., Cúnsulo, M., Álvarez, A., Montilla, E., y Ortega, A. (2016). Arquitectura bioclimática y ahorro energético del parque habitacional urbano en ambientes áridos. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 37, 23–33.  
<https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/140633>.
- Laiton Suárez, M. P. (2017). Prototipos flexibles. Proyecto habitacional en el barrio popular Buenos Aires (Soacha). *Revista de Arquitectura*, 19(1), 70–85.  
<https://doi.org/10.14718/revarq.2017.19.1.1271>
- Lalinde, H., Diego, J., Castro, E., Rangel, C., Gerardo, J., Sierra, T., Andrés, C., Torrado, A., Karina, M., Sierra, C., Milena, S., Pirela, B., y José, V. (2018). Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(5), 01–16.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55963207025>
- LETI. (2020). *Climate Emergency Design Guide*. <https://www.leti.uk/cedg>

- Lirola, C. (4 de septiembre de 2020). *Viviendas bioclimáticas. Tipos de casas según el Clima*. Arquitectura Bioclimática. <https://www.autopromotores.com/viviendas-bioclimaticas/>.
- Llanos Medina, D. M. (2018). *Influencia de variables térmicas durante el proceso de calibración de un modelo de simulación energética de edificios*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17080.85764>.
- Llinás Solano, H. (2021). *Medidas estadísticas*. Estadística Descriptiva en R. [https://rpubs.com/hllinas/R\\_Medidas](https://rpubs.com/hllinas/R_Medidas).
- Logsdon, L., Costa, H., y Márcio Minto, F. (2018). Flexibilidade na arquitetura: Mapeamento sistemático de literatura em bases brasileiras. *Encontro Nacional de Tecnologia Do Ambiente Construído, November*. <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1619>.
- Lokeshgupta, B., Ravivarma, K., Lokeshgupta, B., y Ravivarma, K. (2023). Coordinated smart home energy sharing with a centralized neighbourhood energy management. *Sustainable Cities and Society*, 96. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2023.104642>.
- Lucas, P., Salas, J., y Barrionuevo, R. (2012). Cuarenta años del PREVI-LIMA : Algunas enseñanzas para la industrialización de la vivienda de bajo coste en Latinoamérica. *Informes de La Construcción*, 64(525), 51–62. <https://doi.org/10.3989/ic.11.024>.
- Lüdecke, 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>.
- Mahdinejad, J., y Ehsani Oskouei, S. F. (2016). The Necessity of Flexibility with Regard To User ' s Satisfaction in Multifunctional Buildings of Traditional Architecture of Iran. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 7(4), 133–142. <https://doi.org/10.5901/mjss.2016.v7n4s1p133>.
- Malmød, A., Lucero Manzano, A., Dolling O., Tapia, R., Rodriguez, A., y Dacuña R. (2023). *Actualización PLAM SJ. Plan de ordenamiento territorial para el Área Metropolitana de San Juan* (Editorial UNSJ, 1° ed.). [https://sorteovivienda.sanjuan.gob.ar/sorteo\\_provincial\\_2023/gh/portallPV/pdf\\_obras/ACTUALIZACION%202023%20-%20PLAM%20SJ.pdf](https://sorteovivienda.sanjuan.gob.ar/sorteo_provincial_2023/gh/portallPV/pdf_obras/ACTUALIZACION%202023%20-%20PLAM%20SJ.pdf)
- Marcos, M., Di Virgilio, M. M., y Mera, G. (2018). El déficit habitacional en Argentina. Una propuesta de medición para establecer magnitudes, tipos y urgencias de intervención intra-urbana. *Revista Latinoamericana de Metodología de Las Ciencias Sociales*, 8(1), 1–28. <https://doi.org/10.24215/18537863e037>.
- Marroquim, F. M. G., y Barbirato, G. M. (2007). Flexibilidade Espacial em Projetos de Habitações de Interesse Social. *Universidade Federal de Alagoas*, 1–12. <http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coloquiomom/comunicacoes/marroquim.pdf>.
- Martín López, L. (2014). Yo crezco, tú creces, él crece...Nuestra casa crece. Mecanismos de ampliación en la vivienda contemporánea. *Innovación e Investigación En Arquitectura y Territorio*, 2, 1–12. <https://doi.org/10.14198/i2.2014.2.04>.
- Martín López, L. (2015). Patrones evolutivos. Un primer paso para el diseño de un sistema de optimización de la vivienda crecedera. *Academia XXII*, 6(12), 61–75. <https://doi.org/10.22201/fa.2007252Xp.2015.12.51983>.

- Martín López, L. (2016). El crecimiento programado en tres escalas: el caso de las viviendas NWwKT. *Bitácora Arquitectura*, 32, 1–10.  
<https://doi.org/10.22201/fa.14058901p.2016.32.56188>.
- Martínez, C. F. (2012). Propuesta de cambios para la mejora termo-energética de la envolvente exterior de viviendas en el Gran San Miguel de Tucumán. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 9–16.  
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/131007>.
- Martínez, E. M. (2015). Nuevos modelos de vivienda flexible y eficiente. In N. P. Buades (Ed.), *XIII Jornadas de redes de investigación en docencia universitaria*.  
<http://hdl.handle.net/10045/49628>.
- Martínez-Gordon, R., y Vautrin, A. (2023). *Building envelopes*. Energy System.  
<https://www.iea.org/energy-system/buildings/building-envelopes>.
- Mendieta Melchor, E. F. (2002). Energía Solar y Arquitectura. *Revista Digital Universitaria*. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/energia-solar-y-arquitectura-5040540?c=plg0DByd=falseyq=REPOSITORIOSi=950yv=1yt=search\\_Oyas=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/energia-solar-y-arquitectura-5040540?c=plg0DByd=falseyq=REPOSITORIOSi=950yv=1yt=search_Oyas=0).
- Mercader Moyano, P., y Claro-Ponce, J. C. (2017). Sistemas de certificación en clima templado. *Arqisur Revista*, 7(12), 62–77. <https://doi.org/10.14409/ar.v7i12.6813>
- Michaux, M. C., Alonso Frank, A. y Martín, N. (2022). Modelos de ampliaciones energéticamente eficientes para viviendas IPV de la ciudad de San Juan – Argentina. Proyecto Interno de investigación FAUD-UNSJ.
- Michaux, M. C., Viegas, G. M., y Blasco Lucas, I. (2023). Normativas internacionales sobre eficiencia energética edilicia. Análisis comparativo de evaluaciones en la envolvente arquitectónica. *Anales de Investigación En Arquitectura*, 13(1), 1–13.  
<https://doi.org/10.18861/ania.2023.13.1>
- Michaux, M. C., Viegas, G. M., y Blasco Lucas, I. A. (2024). Envolvente y diacronicidad en normativas de evaluación energética residencial. *ESTOA*, 13(25), 69–82.  
<https://doi.org/10.18537/est.v013.n025.a04>
- Minami, K. (2016). The efforts to develop longer life housing with adaptability in Japan. *Energy Procedia*, 96, 662–673. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.124>
- Ministerio de Economía. (2023). *Balance Energético Nacional*. Planeamiento Energético.  
<https://www.argentina.gob.ar/econom%C3%ADa/energ%C3%ADa/planeamiento-energetico/balances-energeticos>
- Ministerio de Infraestructura. (2016). *Plan de Ordenamiento Territorial del Área Metropolitana de San Juan* (GHM Editores, 1° Ed.).  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan\\_de\\_ordenamiento\\_territorial\\_del\\_area\\_metropolitana\\_de\\_san\\_juan\\_documento\\_final\\_abril\\_de\\_2013\\_.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/plan_de_ordenamiento_territorial_del_area_metropolitana_de_san_juan_documento_final_abril_de_2013_.pdf)
- Mitchell, J. A. (2005). Consumo de energía para calefacción en el hábitat social de Mendoza: un caso de estudio. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 07–12. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82824>
- Montaner, J. M., Muxí, Z., y Falagán, D. H. (2011). *Herramientas para habitar el presente: la vivienda del siglo XXI*. Universitat Politècnica de Catalunya.  
[https://www.researchgate.net/publication/315788077\\_Herramientas\\_para\\_habitar\\_el\\_presente\\_La\\_vivienda\\_del\\_siglo\\_XXI](https://www.researchgate.net/publication/315788077_Herramientas_para_habitar_el_presente_La_vivienda_del_siglo_XXI)

- Monteiro Larcher, J. V. (2005). *Diretrizes visando a melhoria de projetos e soluções construtivas na expansão de habitações de interesse social* [ Tesis de Maestría, Universidade Federal do Paraná]. <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/3514>
- Montenegro, M. (2019). *San Juan y su política de desarrollo de la energía fotovoltaica*. <https://sisanjuan.gob.ar/interes-general/2019-10-17/18102-san-juan-y-su-politica-de-desarrollo-de-la-energia-fotovoltaica#:~:text=Como%20ventajas%2C%20San%20Juan%20presenta,la%20zona%20de%20la%20provincia>.
- Morales Soler, E., Alonso Mallen, R., y Moreno Cruz, E. (2013). La vivienda como proceso. Estrategias de flexibilidad. *Hábitat y Sociedad*, 4, 33–54. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4231730>
- Muñoz Lin, T. (2014). Evolución del espacio doméstico en “blocks” de vivienda social. Autoconstrucción y vulnerabilidad en conjuntos de vivienda básica. *Revista Cis*, 3–26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6310269>
- Nacif, N., Martinet, M., y Espinosa, M. del P. (2011). Entre la idealización y el pragmatismo: planes para la reconstrucción de la ciudad de San Juan, Argentina (1944/1948). *Revista Iberoamericana de Urbanismo*, 6. <https://raco.cat/index.php/RIURB/article/view/267910>
- Naciones Unidas. (2018a). *Eficiencia de los recursos para el desarrollo sostenible*. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/irp\\_g20\\_report\\_-\\_eficiencia\\_de\\_los\\_recursos\\_esanol\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/irp_g20_report_-_eficiencia_de_los_recursos_esanol_0.pdf)
- Naciones Unidas. (31 de Agosto de 2018). *Tool to calculate the emission factor for an electricity system*. [https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history\\_view](https://cdm.unfccc.int/methodologies/PAmethodologies/tools/am-tool-07-v1.1.pdf/history_view)
- Nazeriye, M., Haeri, A., Haghghat, F., y 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>
- Neila Gonzalez, J. (2004). *Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*. <https://es.scribd.com/document/360000679/Arquitectura-Bioclimatica-en-un-entorno-sostenible-pdf>
- Olgay, V. (1963). *Design with climate - Bioclimatic Approach To Architectural Regionalism*. Princeton University, 1° Ed. <https://doi.org/10.2307/j.ctvc77kqb>
- ONU. (2013). *Sustainable Buildings and Climate Initiative. Promoting Policies and Practices for Sustainability*. [https://narspac.weebly.com/uploads/2/9/8/0/29806309/unep\\_sbci\\_brochure\\_eng.pdf](https://narspac.weebly.com/uploads/2/9/8/0/29806309/unep_sbci_brochure_eng.pdf)
- ONU. (2022). *World Population Prospects 2022. Summary of Results*. [https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022\\_summary\\_of\\_results.pdf](https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf)
- ONU Hábitat (2020). *World Cities Report 2020. The Value of Sustainable Urbanization*. [https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr\\_2020\\_report.pdf](https://unhabitat.org/sites/default/files/2020/10/wcr_2020_report.pdf)

- Osman, A., Herthogs, P., Sebake, N., y Davey, D. G. C. (2011). An Adaptability Assessment Tool for Sustainable Building Transformation: Towards an Alternative Approach to Residential Architecture in South Africa. *Architecture in the Fourth Dimension Methods and Practices for a Sustainable Building Stock*, 83–91. <http://www.open-building.org/conference2011/papers.html>
- Owolabi, A. B., Yahaya, A., Li, H. X., y Suh, D. (2023). Analysis of the Energy Performance of a Retrofitted Low-Rise Residential Building after an Energy Audit. *Sustainability* 2023, Vol. 15, Page 12129, 15(16). <https://doi.org/10.3390/SU151612129>
- Özkan, O., Alola, A. A., y Adebayo, T. S. (2023). Environmental benefits of nonrenewable energy efficiency and renewable energy intensity in the USA and EU: Examining the role of clean technologies. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 58, 103315. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2023.103315>
- 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>
- Parada Guachalla, L. F. (2019). *Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*. R Studio. <https://rpubs.com/F3rnando/507482>
- Pasquevich, D. (2012). La creciente demanda mundial de energía frente a los riesgos ambientales. *Asociación Argentina para el progreso de las ciencias*, 22, 1–21.
- Pica, A. S., Banescu, I. E., y Puchianu, D. C. (2022). Energy consumption analysis in the field of residential constructions. *2022 14th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence, ECAI 2022*. <https://doi.org/10.1109/ECAI54874.2022.9847315>
- PNUD. (2024). *Guía Metodológica. Promoción de la vivienda sustentable mediante esquemas novedosos de financiamiento, a través de la emisión de bonos sociales, verdes y sostenibles y con generación de empleo verde*. [https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-12/guia\\_metodologica\\_pnud-b-2\\_vf.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2023-12/guia_metodologica_pnud-b-2_vf.pdf)
- Presidencia de la Nación. (2015). *Energía*. Energía y Minería. <https://www.caserosada.gob.ar/elestadodeestado/energia.html>
- ProProfs. (2022). *Qualitative vs Quantitative data: difference, methods y analysis*. <https://www.proprofssurvey.com/blog/qualitative-vs-quantitative-data/>
- QGIS Org. (2023). *QGIS*. QGIS El SIG Líder de Código Abierto Para Escritorio. <https://qgis.org/es/site/about/index.html>
- Queiroz Brandão, D., y 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://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3504>
- R Foundation. (2023). *The R Project for Statistical Computing*. <https://www.r-project.org/>
- Rafsanjani, H. N. (2016). Factors influencing the energy consumption of residential buildings. A Review. *Construction Research Congress 2016*, 1133–1142. <https://doi.org/10.1061/9780784479827.114>

- Ragab, A. (2023). *Investigating the Impact of Different Glazing Types on the Energy Performance in Hot Arid Climate*. 42(1).  
[https://jaet.journals.ekb.eg/article\\_208006\\_bfd4b65eace8b1f4a99025e5bc36b715.pdf](https://jaet.journals.ekb.eg/article_208006_bfd4b65eace8b1f4a99025e5bc36b715.pdf)
- Raji, B., Tenpierik, M. J., y Van Den Dobbelen, A. (2016). An assessment of energy-saving solutions for the envelope design of high-rise buildings in temperate climates: A case study in the Netherlands. *Energy and Buildings*, 124, 210–221.  
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.10.049>
- Ramírez, O. (2017). *Correlación y regresión lineal*. Análisis de Regresión.  
<https://rpubs.com/osoramirez/316691>
- Rian, I. (2011). Multicultural Flexible Housing: addressing the need and scope of flexible housing in cosmopolitan indian cities. *Conference 5th International Conference y Workshop on Built Environment in Developing Countries*.  
[https://www.researchgate.net/publication/235754363\\_Multicultural\\_Flexible\\_Housing\\_Addressing\\_the\\_Need\\_and\\_Scope\\_of\\_Flexible\\_Housing\\_In\\_Cosmopolitan\\_Indian\\_City](https://www.researchgate.net/publication/235754363_Multicultural_Flexible_Housing_Addressing_the_Need_and_Scope_of_Flexible_Housing_In_Cosmopolitan_Indian_City)
- Rico, V. (2020). *Asimetría y Curtosis. Medidas de forma en R*. Finanzas Cuantitativas En Español. <https://ricovictor.com/index.php/2020/12/09/asimetria-y-curtosis-medidas-de-forma-en-r/>
- Ritter de Paris, S., y Nuno Lopes, C. (2018). Housing flexibility problem: Review of recent limitations and solutions. *Frontiers of Architectural Research*, 7(1), 80–91.  
<https://doi.org/10.1016/j.foar.2017.11.004>
- Rodríguez, L. G., Martini, I., y Discoli, C. (2016). Energy storage for residential dwellings. Methodology to improve energy efficiency and habitability. *Journal of Energy Storage*, 8, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.est.2016.09.009>
- Roitman de Schabelman, D. (1996). *San Juan, la ciudad y el oasis* (Vol. 1). Editorial Fundación Universidad Nacional de San Juan.
- Rozas, Y., y Bustamante, W. (2009). *Guía de diseño para la eficiencia energética en la vivienda social*.  
<https://catalogo.extension.cchc.cl/documentos/documentos/35943-2.pdf>
- Ruihua M., Ruijiang, M., Enshen, L. (2023). Analysis of the rule of window-to-wall ratio on energy demand of residential buildings in different locations in China. *Heliyon*, 9-1. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12803>
- Sabino, C. A. (1992). *El proceso de investigación*. Editorial Panapo, 2° Ed.  
<https://es.slideshare.net/slideshow/carlos-sabino-el-proceso-de-investigacin/49127626>
- SAIJ. (1978). *Ley N° 4.435 IPV*. [http://www.saij.gob.ar/legislacion/ley-san\\_juan-4435-instituto\\_provincial\\_vivienda.htm](http://www.saij.gob.ar/legislacion/ley-san_juan-4435-instituto_provincial_vivienda.htm)
- Samaja, J. (2004). *Epistemología y metodología. Elementos para una teoría de la investigación científica*. EUDEBA, 3° Ed.
- Sanchez, A. (2015). *Correlación de Pearson*. Conceptos de Estadística.  
<https://sites.google.com/site/sociologiayestadisticas/repaso-de-los-conceptos-de-estadistica/correlacion-r-de-pearson>

- Sarracina, A. E. (2021). Consideraciones referidas a la expansión de la ciudad y las políticas habitacionales. *RevIISE*, 15, 41–53. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8295531>
- Schiller, S. (2020). *Sustentabilidad, eficiencia y renovables en vivienda social*. Ediciones CIHE, 1° Ed.
- Schneider, T., y Till, J. (2005). Flexible housing: opportunities and limits. *Theory*, 9(2), 157–166. <https://doi.org/10.1017/S1359135505000199>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Manual de Vivienda Sustentable*. <https://manualdeviviendasustentable.ambiente.gob.ar/>
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. (2019). *Propuestas de implementación de Energías Renovables en viviendas sociales para la generación de energía eléctrica distribuida y solar térmica*. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/propuestas\\_de\\_implementacion\\_de\\_energias\\_renovables\\_en\\_viviendas\\_sociales\\_para\\_la\\_generacion\\_de\\_energia\\_elctrica\\_distribuida\\_y\\_solar\\_termica\\_ok.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/propuestas_de_implementacion_de_energias_renovables_en_viviendas_sociales_para_la_generacion_de_energia_elctrica_distribuida_y_solar_termica_ok.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](https://datos.gob.ar/el/dataset/energia-calculo-factor-emision-co2-red-argentina-energia-electrica/archivo/energia_bb224835-bfec-4527-84f4-48699f50c6bb)
- Secretaría de Energía. (2019). *Balance de gestión en energía 2016-2019*. [https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis\\_balance/2019-12-09\\_Balance\\_de\\_Gestion\\_en\\_Energia\\_2016-2019\\_final\\_y\\_anexo\\_publicacion.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-12-09_Balance_de_Gestion_en_Energia_2016-2019_final_y_anexo_publicacion.pdf)
- Secretaría de hábitat. (2012). *Batería de indicadores urbanos en Bogotá. Superficie por persona en vivienda*. <https://observatoriohabitad.org/wp-content/uploads/2022/12/Indicador-Superficie-por-Persona-en-Vivienda.pdf>
- 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/if-2019-72275570-apn-dnasyfmi.pdf>
- Sepulveda Mellado, O. (1986). El espacio en la vivienda social y calidad de vida. *Revista INVI*, 1(2), 10–34. <https://doi.org/10.5354/0718-8358.1986.61937>
- Serrano Macías, A. (2018). *Vivienda Crecedera. Prototipo para la regeneración urbana en Valle del Paraíso*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. [https://oa.upm.es/51702/1/TFG\\_Serrano\\_Macias\\_Andresop.pdf](https://oa.upm.es/51702/1/TFG_Serrano_Macias_Andresop.pdf)
- SIEMPRO. (2021). *Boletín de Pobreza N° 3. Indigencia y pobreza según tipología de hogares*. Sistema de Información, Evaluación y Monitoreo de Programas Sociales. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/boletin\\_de\\_pobreza\\_3\\_s2\\_2021.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/boletin_de_pobreza_3_s2_2021.pdf)
- Sinclair, B., Mousazadeh, S., y Safarzadeh, G. (2012). Agility, Adaptability + Appropriateness: Conceiving, Crafting y Constructing an Architecture of the 21st Century. *ARCC*, 9(1), 35–43. <https://doi.org/10.17831/enq:arcc.v9i1.65>
- 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>
- STATOLOGOS. (2023). *Cómo normalizar datos en R*. <https://statologos.com/como-normalizar-los-datos-en-r/>
- Subramanian, S., Bastian, H., Hoffmeister, A., Jennings, B., Tolentino, C., Vaidyanathan, S., y Nadel, S. (2022). *2022 International Energy Efficiency Scorecard*.  
[www.aceee.org/research-report/i2201](http://www.aceee.org/research-report/i2201)
- Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética. (2017). *Guía de uso responsable de la energía en edificios y viviendas multifamiliares*.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_ure\\_edificios\\_y\\_viviendas\\_multifamiliares\\_enero\\_2019.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_ure_edificios_y_viviendas_multifamiliares_enero_2019.pdf)
- Sussman, R., Conrad, S., Kormos, C., Park, C., y Cooper, E. (2021). Context and meaningfulness in energy efficiency labeling: Real estate listings. *Journal of Environmental Psychology*, 78. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101681>
- Teles, R., y 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>
- Till, J., y Schneider, T. (2005). Flexible housing: the means to the end. *Theory*, 9, 287–296. <https://doi.org/10.1017/S1359135505000345>
- Tomadoni, M. M., y 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>
- Trimble. (2022). *Software de diseño y modelado 3D*. SketchUp.  
<https://www.sketchup.com/es>
- Trovato, G. (2009). Definición de ámbitos de flexibilidad para una vivienda versátil, perfectible, móvil y ampliable. *Ciudad y Territorio, Estudios Territoriales*, 599–614.  
[https://oa.upm.es/22997/1/INVE\\_MEM\\_2009\\_157827.pdf](https://oa.upm.es/22997/1/INVE_MEM_2009_157827.pdf)
- Tushar, W., Lan, L., Withanage, C., En, H., Sng, K., Yuen, C., Wood, K. L., y Kumar, T. (2020). Exploiting design thinking to improve energy efficiency of buildings. *Energy*, 197, 117–141. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117141>
- UNEP. (2018). *Sustainable lifestyles. Options y opportunities*.  
<https://www.unep.org/resources/toolkits-manuals-and-guides/sustainable-lifestyles-options-and-opportunities-workplace>
- UNEP. (2020a). *2020 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*.  
<http://www.un.org/Depts/>
- UNEP. (2020b). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3542680>
- UNEP. (2022). *The Closing Window. Climate crisis calls for rapid transformation of societies*. <https://www.unep.org/emissions-gap-report-2022>
- UNEP. (2023a). *Energy efficiency. Environment Programme*.  
<https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/energy-efficiency>

- UNEP. (2023b). *Sustainable cities and communities*. Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.unep.org/explore-topics/sustainable-development-goals/why-do-sustainable-development-goals-matter/goal-11>
- UNIDE. (2020). *Localización de Barrios IPV*. <https://web.sanjuan.gob.ar/unide/>
- Unión Europea. (2012). *Argentina energy efficiency report*. <https://library.e.abb.com/public/69fa897c7b81c852c12579e60036b08e/Argentina%20Energy%20efficiency%20Report.pdf>
- United Nations. (2020). *Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future*. Hertwich. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3542680>
- United Nations. (2021). *Theme report on energy transition*. <https://www.un.org/en/conferences/energy2021/about>
- United States Department of the Energy. (2024). *EnergyPlus*. <https://energyplus.net/>
- Via Celere. (23 de noviembre de 2023). *Tipos de viviendas unifamiliares*. Casas Que Innovan. <https://www.viacelere.com/blog/tipos-de-viviendas-unifamiliares/>
- Viegas, G. M. (2016). *Evaluación del potencial energético e intervenciones de mejoramiento del entorno edilicio en áreas urbanas de media y baja consolidación*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Salta].
- Vinco Jubini, W. A. (2017). *Flexibilidade de projeto na habitação de interesse social: uma proposta para o Clemente II de Aracruz* [Tesis de grado, Faculdades Integradas de Aracruz]. [http://www.faacz.com.br/repositorio\\_de\\_tccs/2017/2017-CAU-Wisley%20Augusto%20Vinco%20Jubini.pdf](http://www.faacz.com.br/repositorio_de_tccs/2017/2017-CAU-Wisley%20Augusto%20Vinco%20Jubini.pdf)
- Wang, Y. (2018). *Understanding and Breaking down of the “Black Box” effect in scientific communication*. <https://medium.com/@ywang477/understanding-and-breaking-down-of-the-black-box-effect-in-scientific-communication-69d9598c3988>
- Wittkugel, A. (2010). *From Static to Dynamic: an Investigation of Flexible Architecture*. University of Cincinnati in.
- World Energy Council. (2022). *World Energy Trilemma Index 2022*. [www.worldenergy.org](http://www.worldenergy.org)
- Wu, Y., Liu, C., Hung, M., Liu, T., y Masui, T. (2019). Sectoral energy efficiency improvements in Taiwan: Evaluations using a hybrid of top-down and bottom-up models. *Energy Policy*, 132, 1241–1255. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.043>
- Yoshino, H., Hong, T., y Nord, N. (2017). IEA EBC annex 53: Total energy use in buildings—Analysis and evaluation methods. *Energy and Buildings*, 152(1), 124–136. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.038>
- Zabaloy, M. F. (2019). Eficiencia energética. Un estudio del marco habilitante en la Argentina. *Redes*, 25(48), 133–170. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/116009>

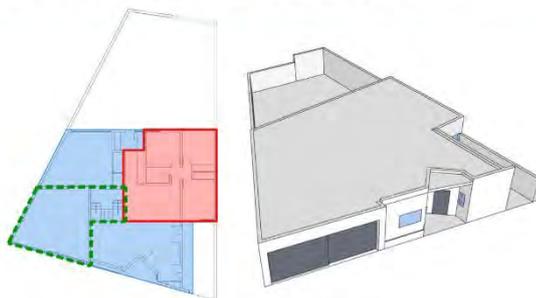
# ANEXO I

---





LOCALIZACIÓN



ARQUITECTURA



ENVOLVENTE



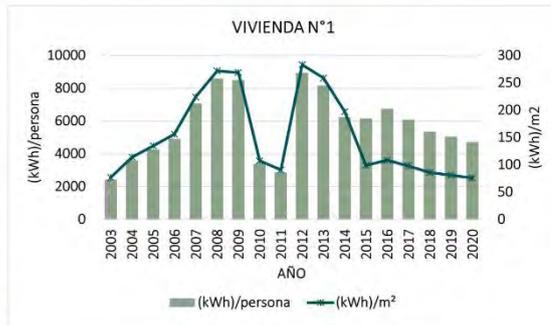
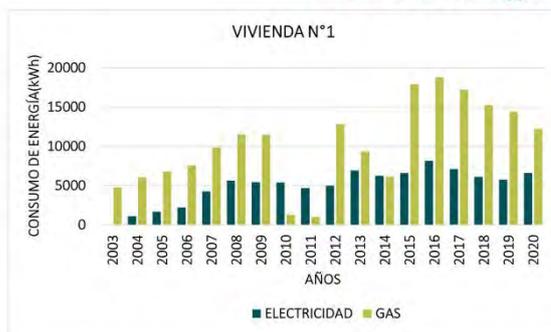
USUARIOS

Superficie Original (m <sup>2</sup> )	63.18
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	255.86
Crecimiento (%)	305
Orientación	Oeste
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	320
FOT Original	0.2
FOT Actual	0.8
Año de construcción	1996
Año de ampliación	2015
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	6.67
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	19
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	154.65
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	331.44
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	154.65
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	332.08

pre ampliación 2  
pos ampliación 4



ENERGÍA

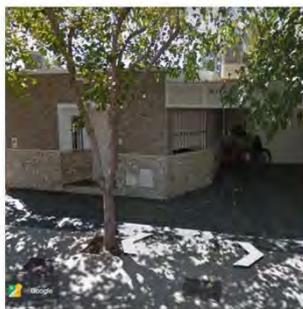
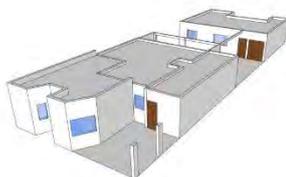
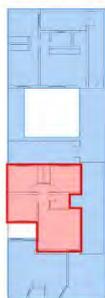


# VIVIENDA N°2

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



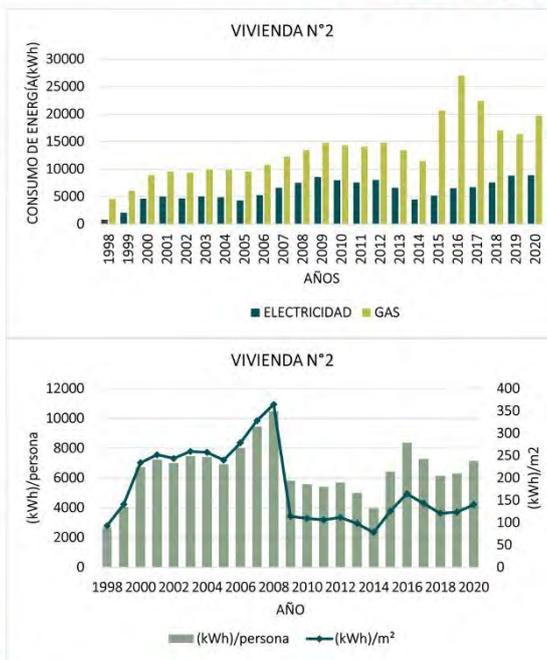
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	229.80
Crecimiento (%)	293
Orientación	Sur
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.77
Año de construcción	1995
Año de ampliación	2009
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	10.34
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	434.38
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	389.58

## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4



## ENERGÍA

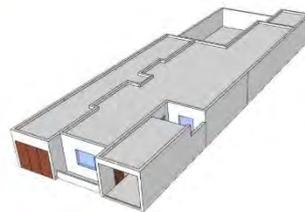
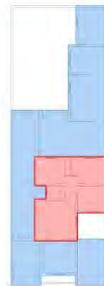
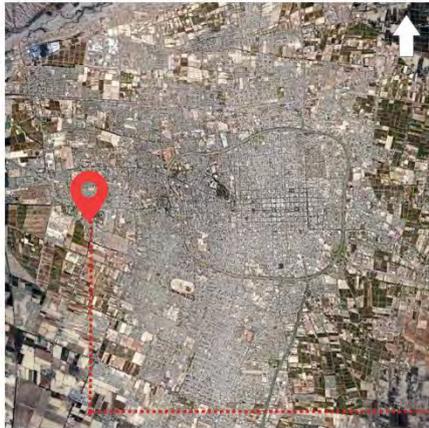


# VIVIENDA N°3

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

Superficie Original (m<sup>2</sup>) 58.41

Superficie Ampliada (m<sup>2</sup>) 213.03

Crecimiento (%) 265

Orientación Este

Sup. del terreno (m<sup>2</sup>) 300

FOT Original 0.19

FOT Actual 0.71

Año de construcción 1995

Año de ampliación 2011

Sup. Original de ventanas (m<sup>2</sup>) 5.81

Sup. Actual de ventanas (m<sup>2</sup>) 7.74

Envolvente original (m<sup>2</sup>) 155.81

Envolvente actual (m<sup>2</sup>) 423.26

Sup. expuesta original (m<sup>2</sup>) 135.73

Sup. expuesta actual (m<sup>2</sup>) 361.16



## ENVOLVENTE



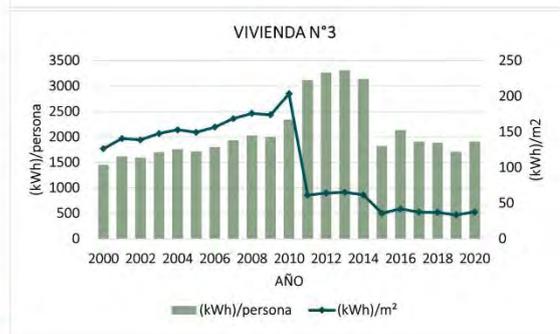
## USUARIOS

pre ampliación 5

pos ampliación 4



## ENERGÍA

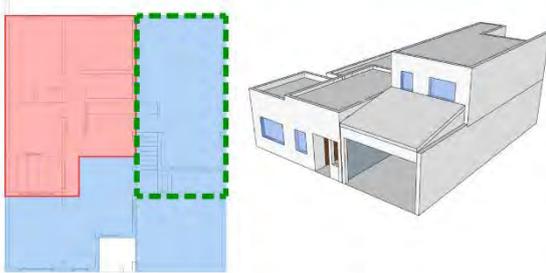


# VIVIENDA N°4

Barrio: Padre J. Fanzolato



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

Superficie Original (m <sup>2</sup> )	59.94
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	182.21
Crecimiento (%)	204



Orientación	Norte
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	293
FOT Original	0.20
FOT Actual	0.62

## ENVOLVENTE



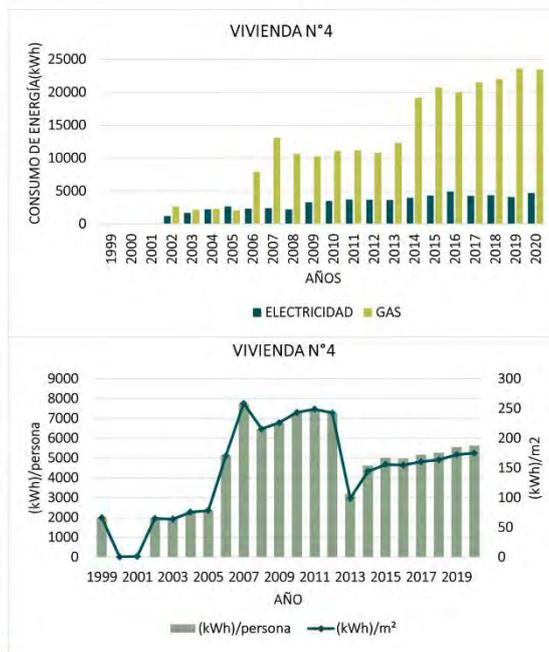
Año de construcción	1997
Año de ampliación	2013
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	4.93
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	17.66
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	162.22
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	387.33
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	137.36
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	337.84

## USUARIOS

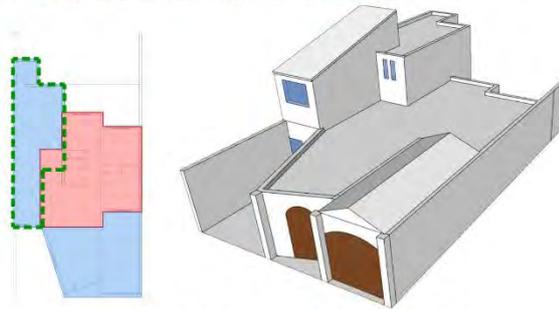
pre ampliación	2
pos ampliación	5



## ENERGÍA



LOCALIZACIÓN



ARQUITECTURA



Superficie Original (m <sup>2</sup> )	59.27
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	175.83
Crecimiento (%)	197
Orientación	Sur
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	240
FOT Original	0.25
FOT Actual	0.73
Año de construcción	1994
Año de ampliación	2000
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	6
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	14.32
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	150.4
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	365.08
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	130.97
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	317.04

ENVOLVENTE

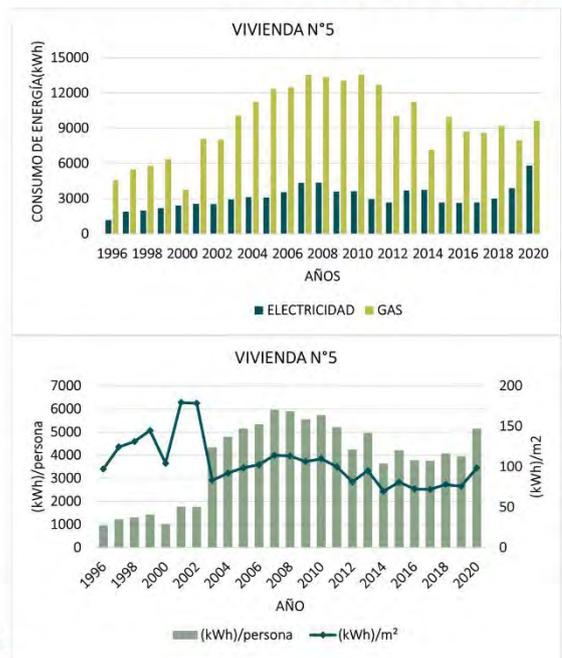


USUARIOS

pre ampliación	6
pos ampliación	3



ENERGÍA

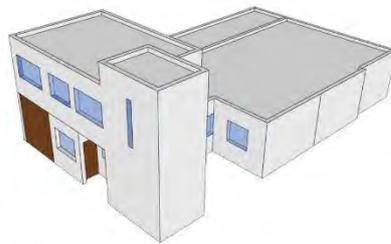


# VIVIENDA N°6

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA



## ENVOLVENTE



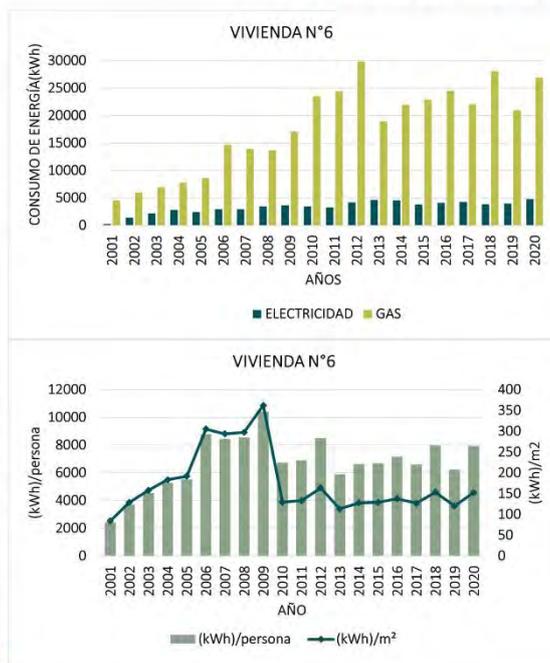
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	215.50
Crecimiento (%)	287
Orientación	Este
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.72
Año de construcción	1995
Año de ampliación	2010
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	18.83
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	417.56
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	346.19

## USUARIOS

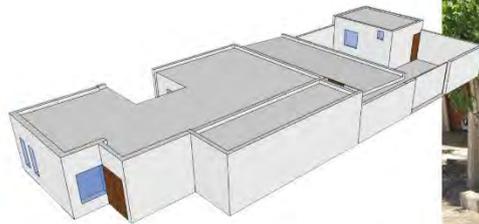
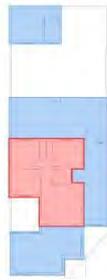
pre ampliación	2
pos ampliación	4



## ENERGÍA



LOCALIZACIÓN 



ARQUITECTURA



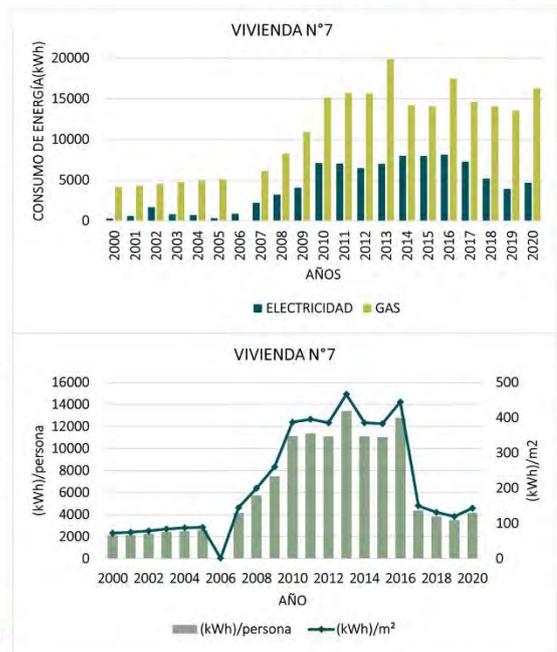
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	169.10
Crecimiento (%)	189.50
Orientación	S - O
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	280
FOT Original	0.21
FOT Actual	0.60
Año de construcción	1996
Año de ampliación	2017
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	13.56
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	340.95
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	325.40

ENVOLVENTE 

USUARIOS 

pre ampliación	2
pos ampliación	5

ENERGÍA 

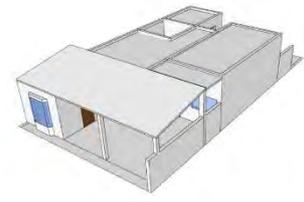
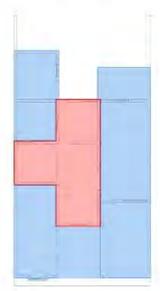


# VIVIENDA N°8

Barrio: Procesa Sarmiento - Sector 2



## LOCALIZACIÓN



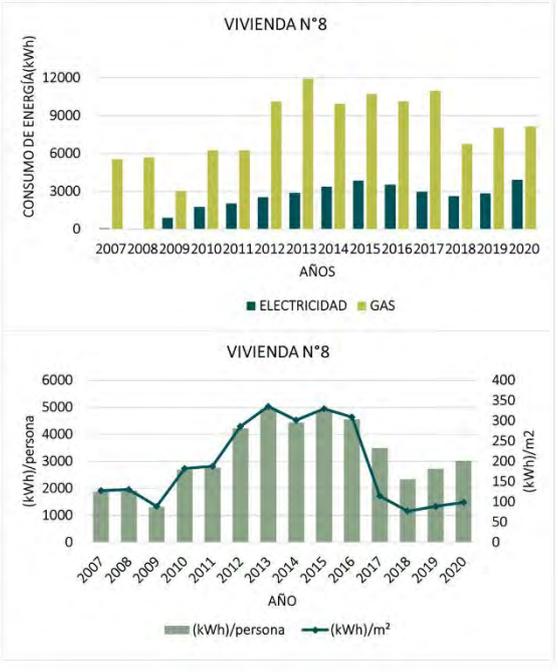
## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



Superficie Original (m <sup>2</sup> )	44.20
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	144.80
Crecimiento (%)	227.60
Orientación	S-O
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	302
FOT Original	0.15
FOT Actual	0.48
Año de construcción	2005
Año de ampliación	2017
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	4.51
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	15.24
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	141.11
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	300.57
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	130.40
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	259.12

## ENERGÍA



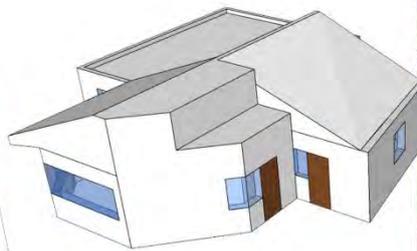
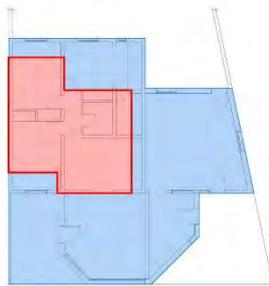
## USUARIOS

pre ampliación	3
pos ampliación	4





LOCALIZACIÓN



ARQUITECTURA

Superficie Original (m<sup>2</sup>) 45.32

Superficie Ampliada (m<sup>2</sup>) 145.62

Crecimiento (%) 221.32

Orientación Sur-Est



Sup. del terreno (m<sup>2</sup>) 297

FOT Original 0.15

FOT Actual 0.49

Año de construcción 1991

Año de ampliación 2013

Sup. Original de ventanas (m<sup>2</sup>) 4.62

Sup. Actual de ventanas (m<sup>2</sup>) 16.50

Envolvente original (m<sup>2</sup>) 125.91

Envolvente actual (m<sup>2</sup>) 343.94

Sup. expuesta original (m<sup>2</sup>) 104.59

Sup. expuesta actual (m<sup>2</sup>) 343.94

ENVOLVENTE

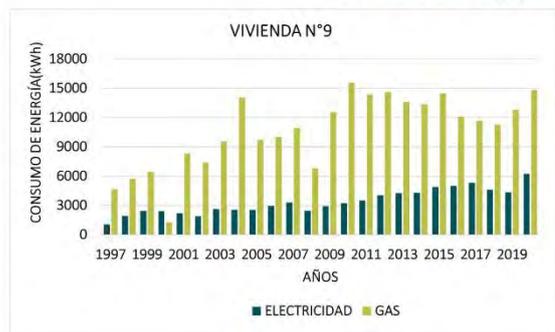


USUARIOS

pre ampliación 2  
pos ampliación 4



ENERGÍA

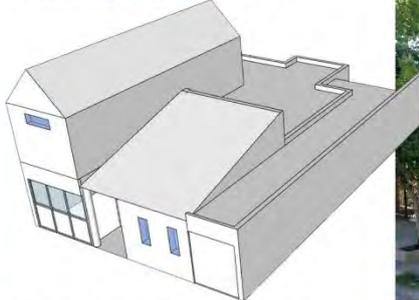
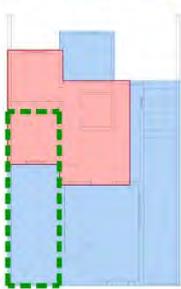


# VIVIENDA N°10

Barrio: CGT Rawson



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA



Superficie Original (m <sup>2</sup> )	45.32
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	140.43
Crecimiento (%)	209.85
Orientación	Norte
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	250
FOT Original	0.18
FOT Actual	0.56
Año de construcción	1994
Año de ampliación	2003
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	4.62
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	10.28
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	136.34
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	320.37
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	115.02
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	280.37

## ENVOLVENTE

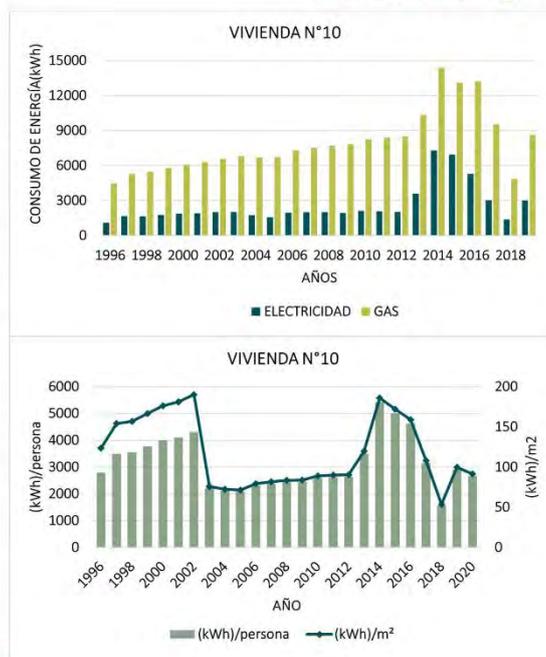


## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4



## ENERGÍA

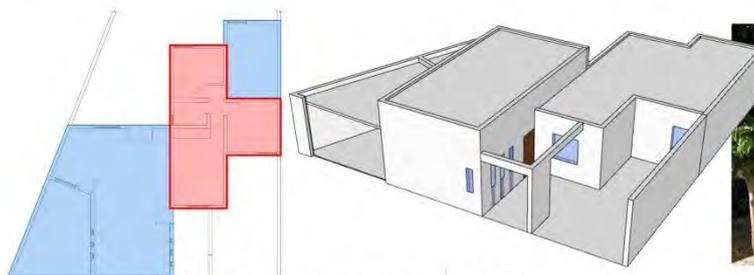
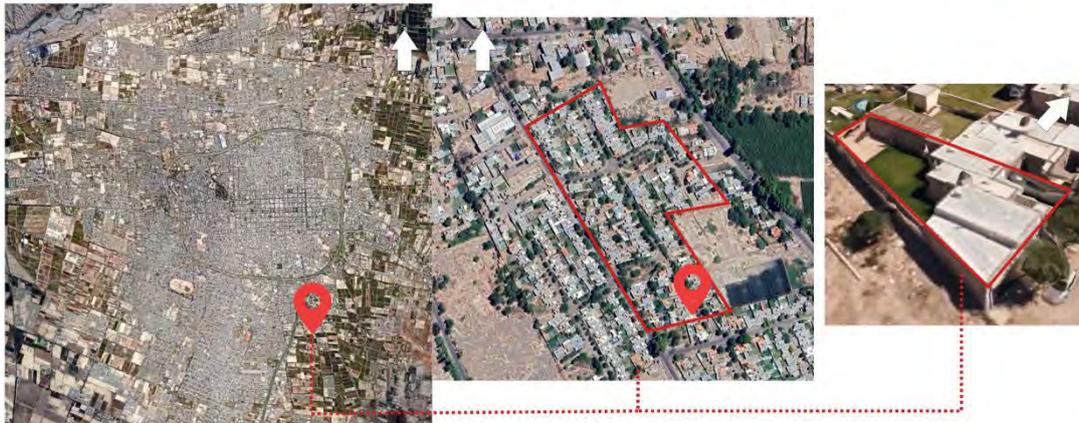


# VIVIENDA N°11

Barrio: Procesa Sarmiento - Sector 2



## LOCALIZACIÓN

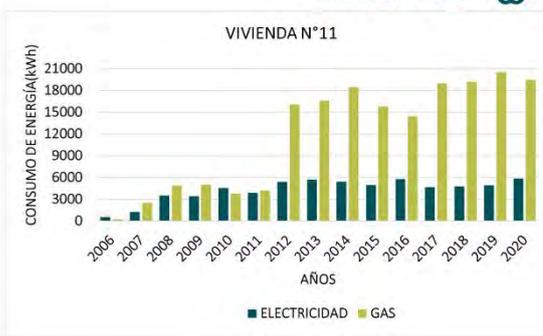


## ARQUITECTURA



Superficie Original (m <sup>2</sup> )	44.20
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	138.37
Crecimiento (%)	213.06
Orientación	Este
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	491
FOT Original	0.09
FOT Actual	0.28
Año de construcción	2005
Año de ampliación	2013
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	4.51
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	13.64
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	141.11
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	296.69
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	130.40
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	232.39

## ENERGÍA



## ENVOLVENTE

## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4

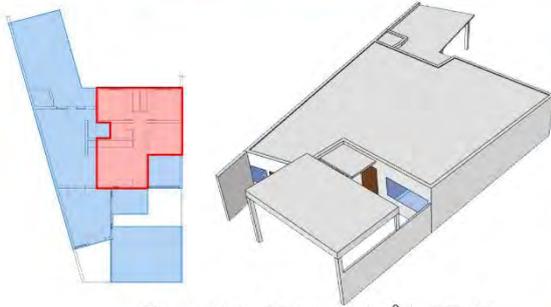


# VIVIENDA N°12

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



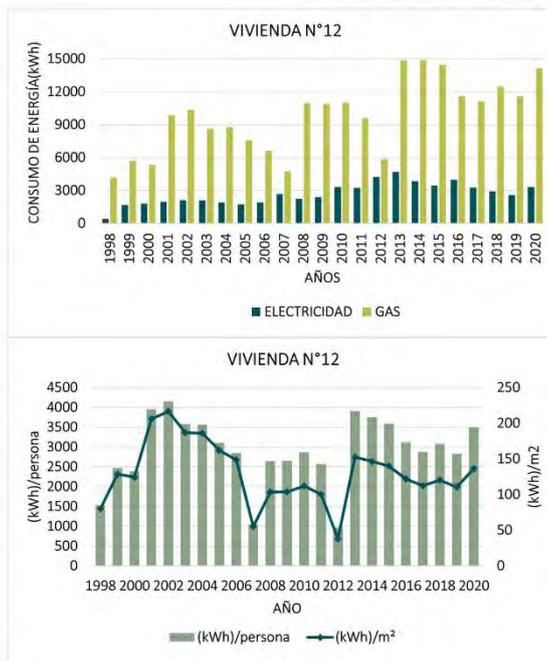
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	162.25
Crecimiento (%)	177.77
Orientación	Sur
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	247
FOT Original	0.24
FOT Actual	0.66
Año de construcción	1995
Año de ampliación	2008
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	11.42
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	299.50
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	299.50

## USUARIOS

pre ampliación 3  
pos ampliación 5



## ENERGÍA

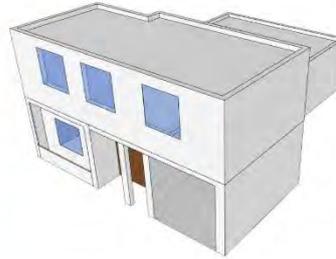


# VIVIENDA N°13

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

Superficie Original (m<sup>2</sup>) 58.41

Superficie Ampliada (m<sup>2</sup>) 154.88

Crecimiento (%) 165.16

Orientación Sur

Sup. del terreno (m<sup>2</sup>) 250

FOT Original 0.23

FOT Actual 0.62

Año de construcción 1998

Año de ampliación 2016

Sup. Original de ventanas (m<sup>2</sup>) 5.81

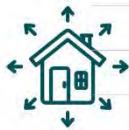
Sup. Actual de ventanas (m<sup>2</sup>) 17.34

Envolvente original (m<sup>2</sup>) 155.81

Envolvente actual (m<sup>2</sup>) 320.93

Sup. expuesta original (m<sup>2</sup>) 135.73

Sup. expuesta actual (m<sup>2</sup>) 278.08



## ENVOLVENTE



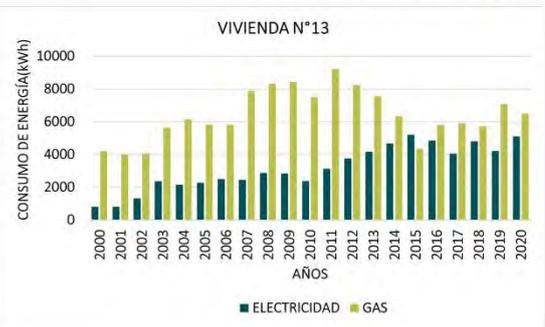
## USUARIOS

pre ampliación 3

pos ampliación 4



## ENERGÍA

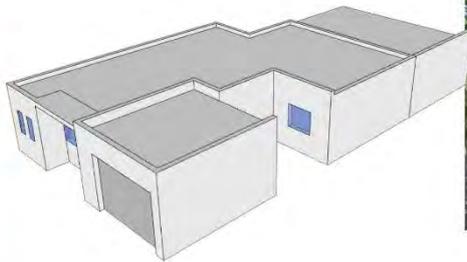
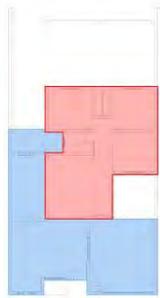


# VIVIENDA N°14

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



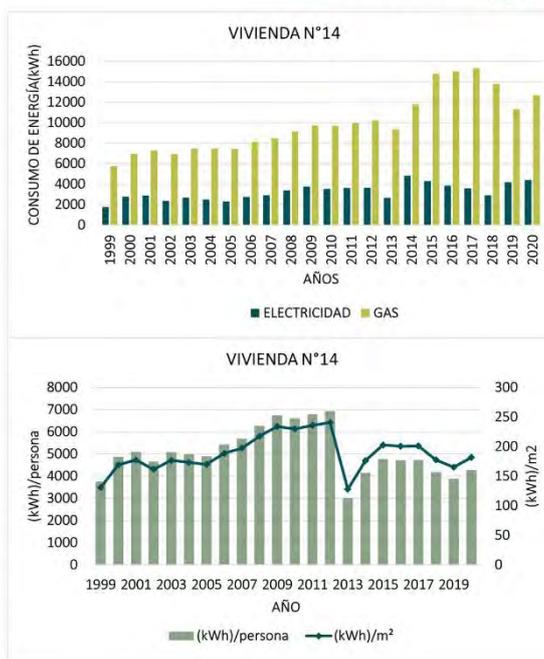
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	127.51
Crecimiento (%)	118.29
Orientación	Norte
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.43
Año de construcción	1994
Año de ampliación	2013
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	9.39
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	237.96
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	201.38

## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4



## ENERGÍA

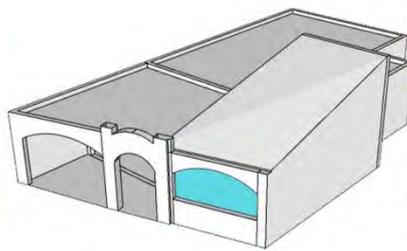
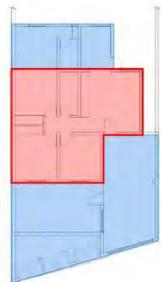


# VIVIENDA N°15

Barrio: Virgen de Andacollo Sector I



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA



## ENVOLVENTE



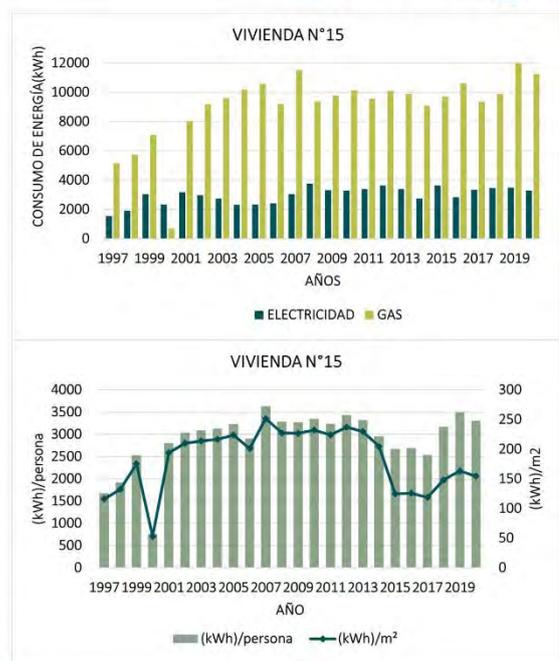
## USUARIOS

Superficie Original (m <sup>2</sup> )	57.80
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	124.40
Crecimiento (%)	115.44
Orientación	Sur
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	269
FOT Original	0.21
FOT Actual	0.46
Año de construcción	1995
Año de ampliación	2015
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.40
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	15.65
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	136.72
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	273.72
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	116.20
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	273.72

pre ampliación	4
pos ampliación	5



## ENERGÍA

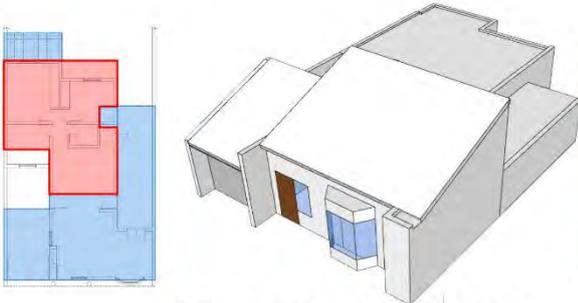


# VIVIENDA N°16

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE

Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	122.29
Crecimiento (%)	109.36
Orientación	Sur
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.41
Año de construcción	1998
Año de ampliación	2012
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	8.96
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	261.75
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	241.59

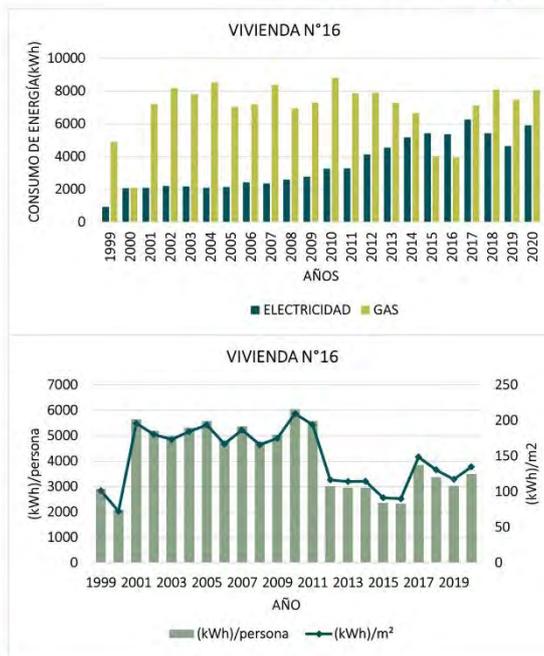


## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4

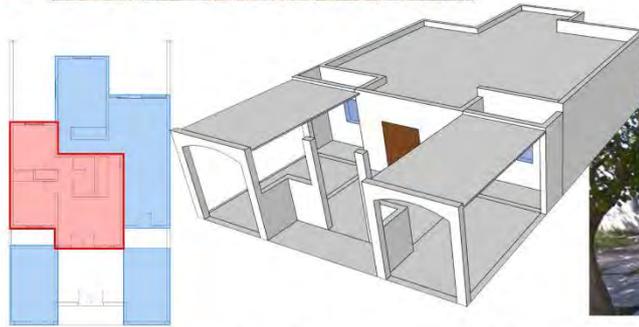


## ENERGÍA





LOCALIZACIÓN



ARQUITECTURA

Superficie Original (m<sup>2</sup>) 45.32

Superficie Ampliada (m<sup>2</sup>) 107.38

Crecimiento (%) 136.94

Orientación Norte

Sup. del terreno (m<sup>2</sup>) 313

FOT Original 0.14

FOT Actual 0.34

Año de construcción 1996

Año de ampliación 2013

Sup. Original de ventanas (m<sup>2</sup>) 4.62

Sup. Actual de ventanas (m<sup>2</sup>) 11.18

Envolvente original (m<sup>2</sup>) 125.91

Envolvente actual (m<sup>2</sup>) 224.45

Sup. expuesta original (m<sup>2</sup>) 104.59

Sup. expuesta actual (m<sup>2</sup>) 175.12

pre ampliación 4

pos ampliación 4

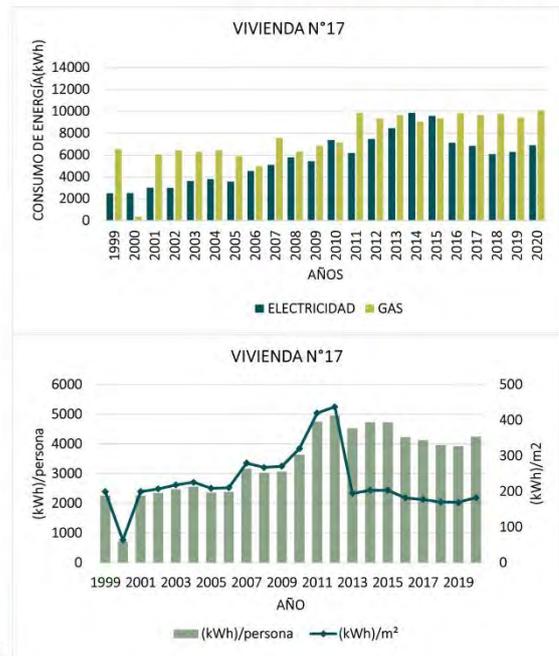
ENVOLVENTE



USUARIOS



ENERGÍA

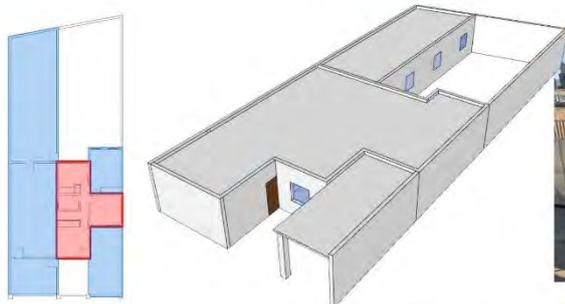
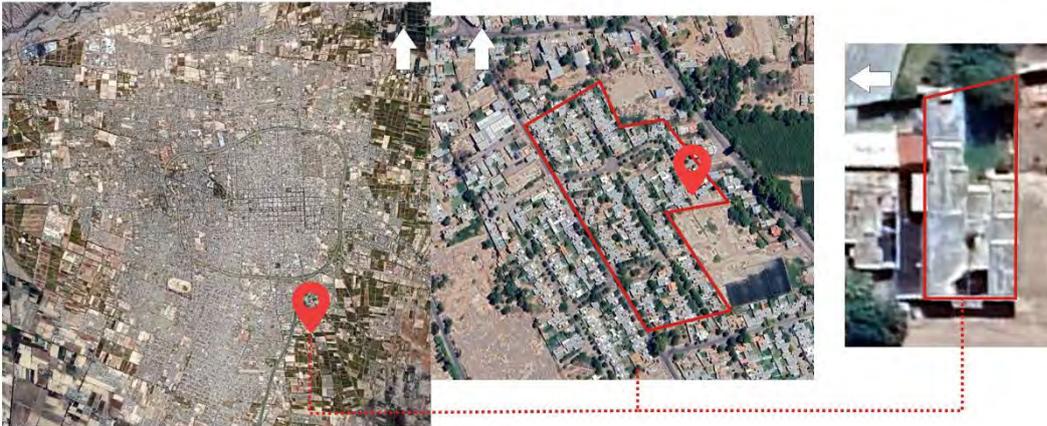


# VIVIENDA N°18

Barrio: Procesa Sarmiento - Sector 2



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA



## ENVOLVENTE



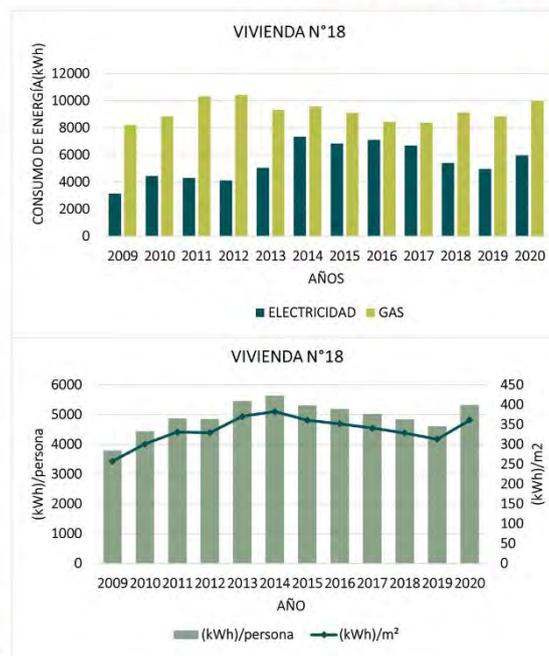
## USUARIOS

Superficie Original (m <sup>2</sup> )	44.20
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	117.50
Crecimiento (%)	165.84
Orientación	Oeste
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	313
FOT Original	0.14
FOT Actual	0.38
Año de construcción	2003
Año de ampliación	2022
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	4.51
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	9.99
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	141.11
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	412.31
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	130.40
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	412.31

pre ampliación	3
pos ampliación	4

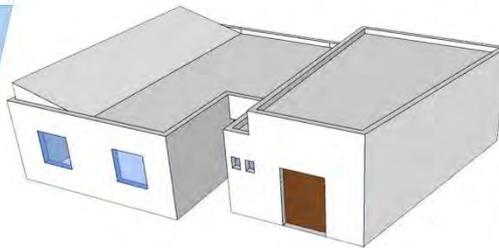
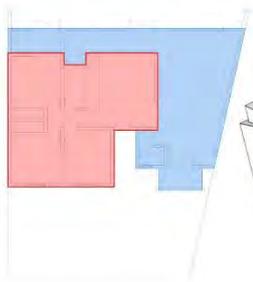


## ENERGÍA





LOCALIZACIÓN



ARQUITECTURA



Superficie Original (m <sup>2</sup> )	62.75
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	117.67
Crecimiento (%)	87.54
Orientación	NO
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	422
FOT Original	0.15
FOT Actual	0.28
Año de construcción	2000
Año de ampliación	2013
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	6.48
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	14.68
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	148.30
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	279.15
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	148.30
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	264.82

ENVOLVENTE

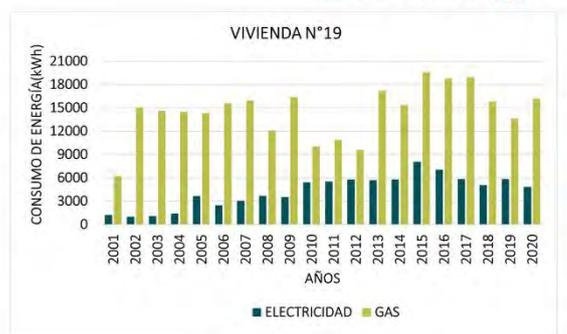


USUARIOS

pre ampliación	4
pos ampliación	4



ENERGÍA

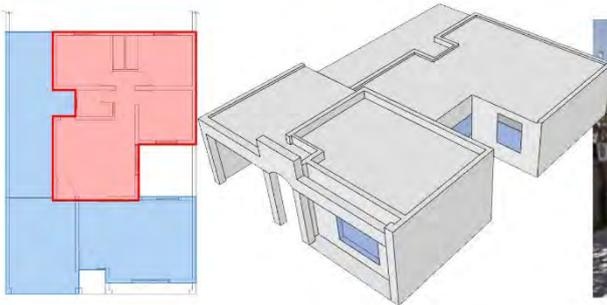


# VIVIENDA N°20

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



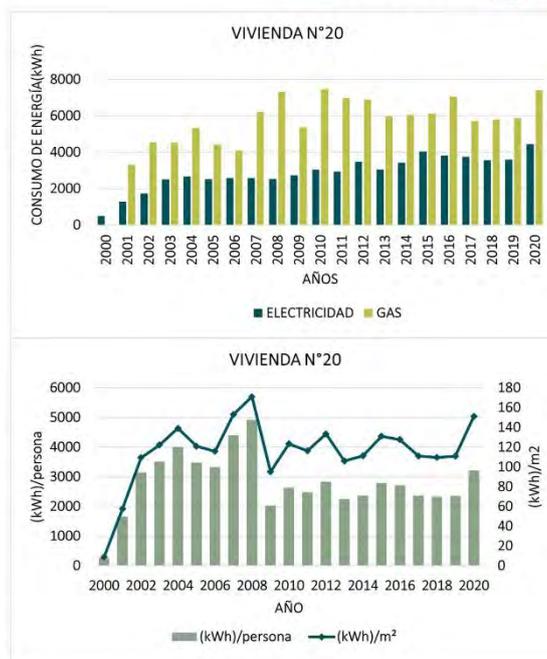
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.40
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	109.04
Crecimiento (%)	86.68
Orientación	Oeste
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.36
Año de construcción	1996
Año de ampliación	2009
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	11.63
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	231.30
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	215.48

## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4



## ENERGÍA

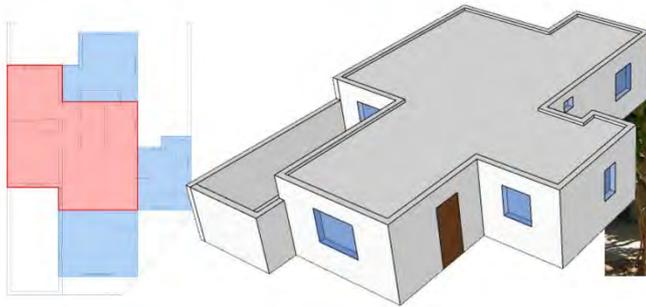


# VIVIENDA N°21

Barrio: CGT Rawson



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

Superficie Original (m <sup>2</sup> )	45.32
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	87.31
Crecimiento (%)	92.65
Orientación	SE
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	240
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.36
Año de construcción	1995
Año de ampliación	2006
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	4.62
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	9.70
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	125.91
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	209.37
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	104.59
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	200



## ENVOLVENTE

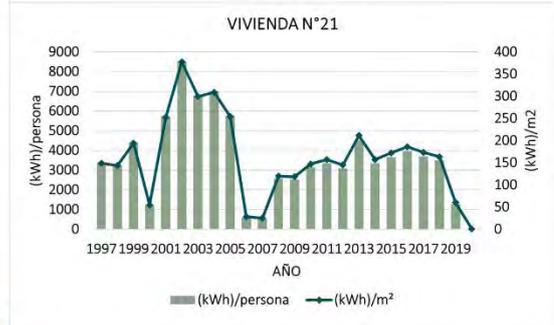
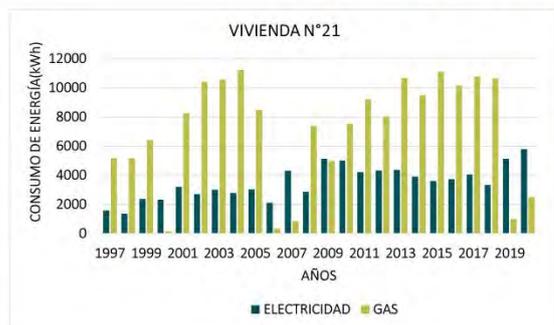


## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	4



## ENERGÍA

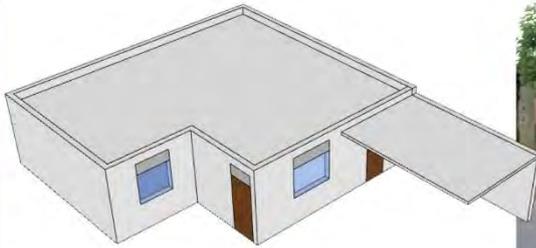
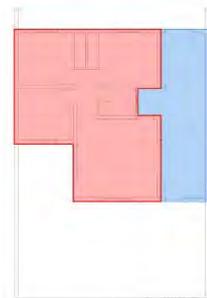


# VIVIENDA N°22

Barrio: Cesap



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



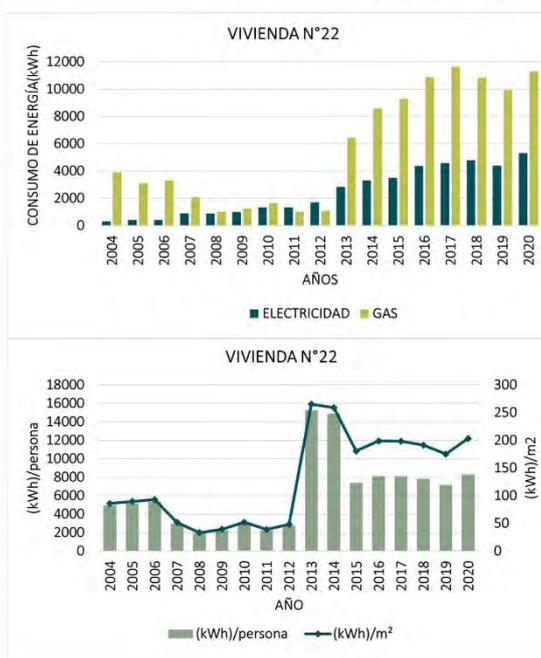
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	58.41
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	90.56
Crecimiento (%)	55.04
Orientación	Oeste
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.19
FOT Actual	0.30
Año de construcción	1996
Año de ampliación	2015
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	5.81
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	7.04
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	155.81
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	179.19
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	135.73
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	137.39

## USUARIOS

pre ampliación 1  
pos ampliación 2/3

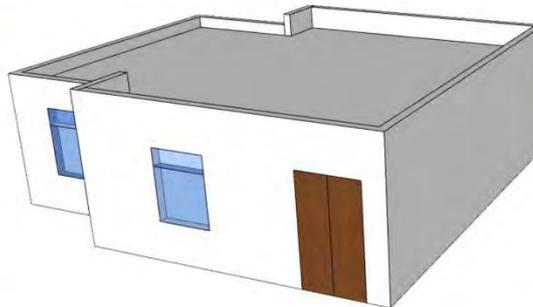
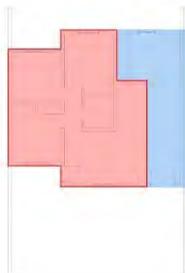


## ENERGÍA





LOCALIZACIÓN



ARQUITECTURA



Superficie Original (m<sup>2</sup>) 59.27

Superficie Ampliada (m<sup>2</sup>) 83.10

Crecimiento (%) 40.21

Orientación Sur

Sup. del terreno (m<sup>2</sup>) 202

FOT Original 0.29

FOT Actual 0.41

Año de construcción 1994

Año de ampliación 2013

Sup. Original de ventanas (m<sup>2</sup>) 6

Sup. Actual de ventanas (m<sup>2</sup>) 4.7

Envolvente original (m<sup>2</sup>) 150.40

Envolvente actual (m<sup>2</sup>) 204.57

Sup. expuesta original (m<sup>2</sup>) 130.97

Sup. expuesta actual (m<sup>2</sup>) 178.87

ENVOLVENTE

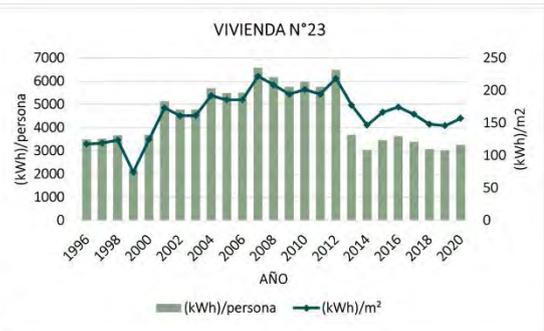


USUARIOS

pre ampliación 2  
pos ampliación 4



ENERGÍA

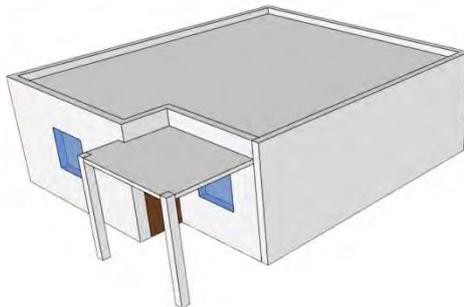
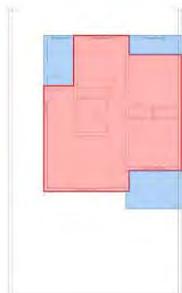


# VIVIENDA N°24

Barrio: CGT Rawson



## LOCALIZACIÓN



## ARQUITECTURA

## ENVOLVENTE



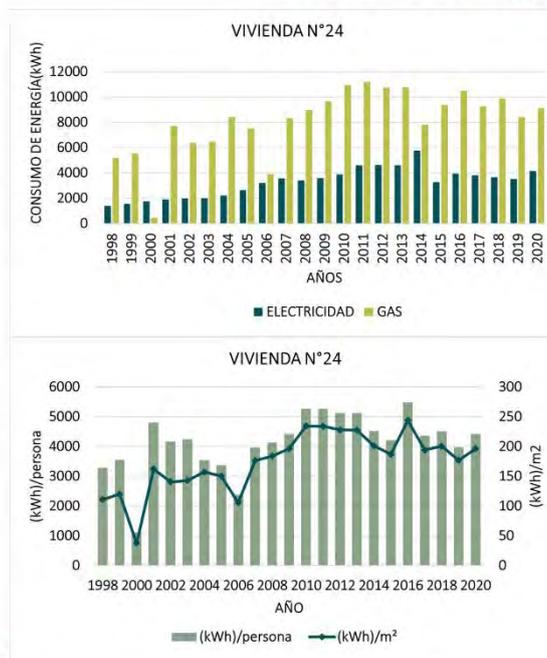
Superficie Original (m <sup>2</sup> )	59.27
Superficie Ampliada (m <sup>2</sup> )	70.91
Crecimiento (%)	20
Orientación	Norte
Sup. del terreno (m <sup>2</sup> )	300
FOT Original	0.20
FOT Actual	0.24
Año de construcción	1994
Año de ampliación	2004
Sup. Original de ventanas (m <sup>2</sup> )	6
Sup. Actual de ventanas (m <sup>2</sup> )	6.56
Envolvente original (m <sup>2</sup> )	150.40
Envolvente actual (m <sup>2</sup> )	162
Sup. expuesta original (m <sup>2</sup> )	131
Sup. expuesta actual (m <sup>2</sup> )	136.41

## USUARIOS

pre ampliación	2
pos ampliación	3



## ENERGÍA





## BARRIO 20 DE NOVIEMBRE (20N)

Ubicación: Calle Avenida Libertador Gral. San Martín y Calivar

Departamento: Rivadavia

Cantidad de viviendas: 96 viviendas de 3 dormitorios

Año de construcción: 1996

Superficie del barrio: 4 ha.

FOT: entre 30% y 40%

FOL:60%

Barrio 20N dentro del AMSJ



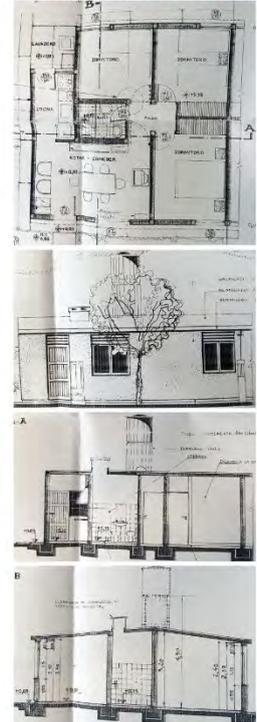
Barrio 20N en 2004



Barrio 20N en 2024



Prototipo del Barrio 20N



Imágenes peatonales del Barrio 20N



## BARRIO CESAP (CP)

Ubicación: Calle Ignacio de la Roza y Meglioli  
 Departamento: Rivadavia  
 Cantidad de viviendas: 350 viviendas de 3 dormitorios  
 Año de construcción: 1995  
 Superficie del barrio: 22 ha.



Barrio CP dentro del AMSJ



Barrio CP en 2004

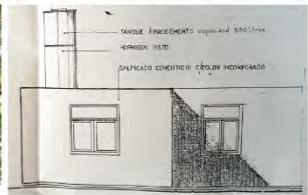
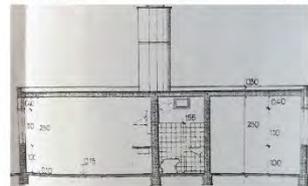
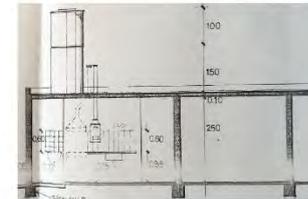
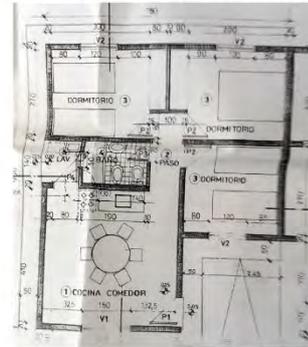


Barrio CP en 2014



Barrio CP en 2024

### Prototipo del Barrio CP



Imágenes peatonales del Barrio CP



## BARRIO CGT RAWSON (CGTRa)

Ubicación: Calle Estados Unidos y Francisco de Villagra

Departamento: Rawson

Cantidad de viviendas: 337 viviendas de 2 y 3 dormitorios

Año de construcción: 1994

Superficie del barrio: 15 ha.

FOT:

FOL:

Barrio CGTRa dentro del AMSJ



Barrio CGTRa en 2004



Prototipo del Barrio CGTRa

Barrio CGTRa en 2024



Imágenes peatonales del Barrio CGTRa

## BARRIO MUNICIPAL DE SANTA LUCIA (MSL)

Ubicación: Avenida Sarmiento entre P. Luna y M. de Oro

Departamento: Santa Lucía

Cantidad de viviendas: 289 viviendas

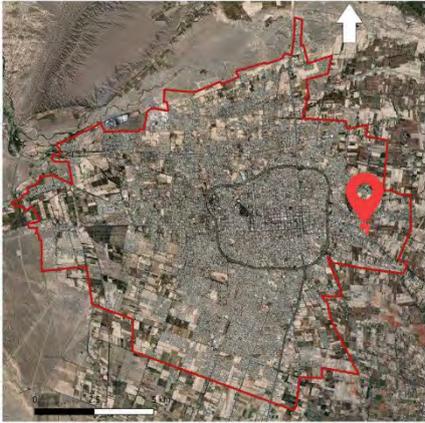
Año de construcción: 2000

Superficie del barrio: 12 ha.

FOT: 40% - FOL: 60%



Barrio MSL dentro del AMSJ

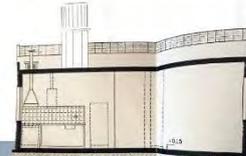
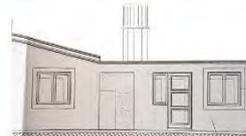
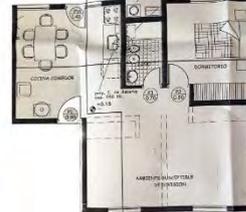
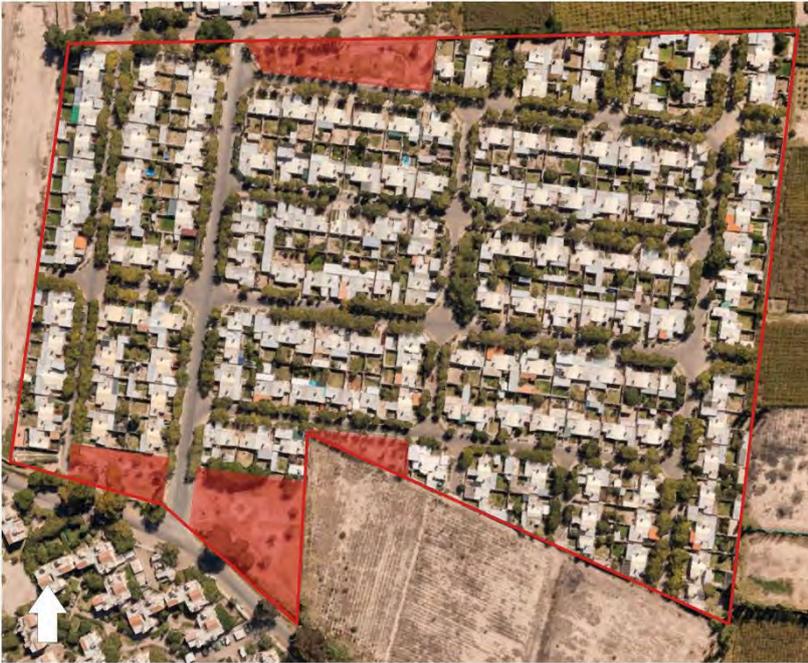


Barrio MSL en 2004



Prototipo del Barrio MSL

Barrio MSL en 2024



Imágenes peatonales del Barrio MSL



## BARRIO PADRE J. FANZOLATO (PF)

Ubicación: Calle Borcosque y Gral. Acha

Departamento: Rawson

Cantidad de viviendas: 249 viviendas de 3 dormitorios

Año de construcción: 1997

Superficie del barrio: 12 ha.

FOT:

FOL:



Barrio PF dentro del AMSJ



Prototipo del Barrio PF

Barrio PF en 2004



Barrio PF en 2024



Imágenes peatonales del Barrio PF



## BARRIO PROCESA SARMIENTO (PS)

Ubicación: Calle Cano entre calle la estación y Abraham Tapia

Departamento: Rawson

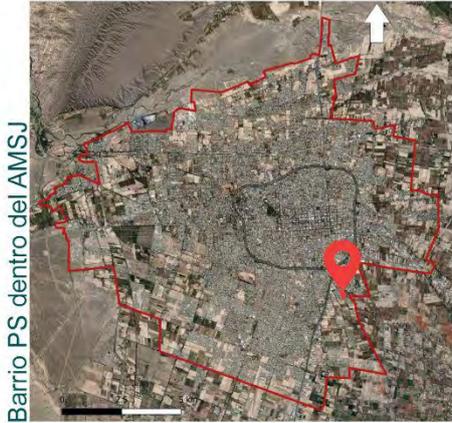
Cantidad de viviendas: 54 viviendas de 2 dormitorios

Año de construcción: 2000

Superficie del barrio: 4,5 ha.

FOT:

FOL:



Barrio PS dentro del AMSJ



Barrio PS en 2009



Barrio PS en 2024

Prototipo del Barrio PS



Imágenes peatonales del Barrio PS



## BARRIO VIRGEN DE ANDACOLLO (VA)

Ubicación: Calle Mendoza entre H. Irigoyen y Rodriguez

Departamento: Chimbas

Cantidad de viviendas: 97 viviendas de 3 dormitorios

Año de construcción: 1995

Superficie del barrio: 17 ha.

FOT: 40%

FOL: 60%

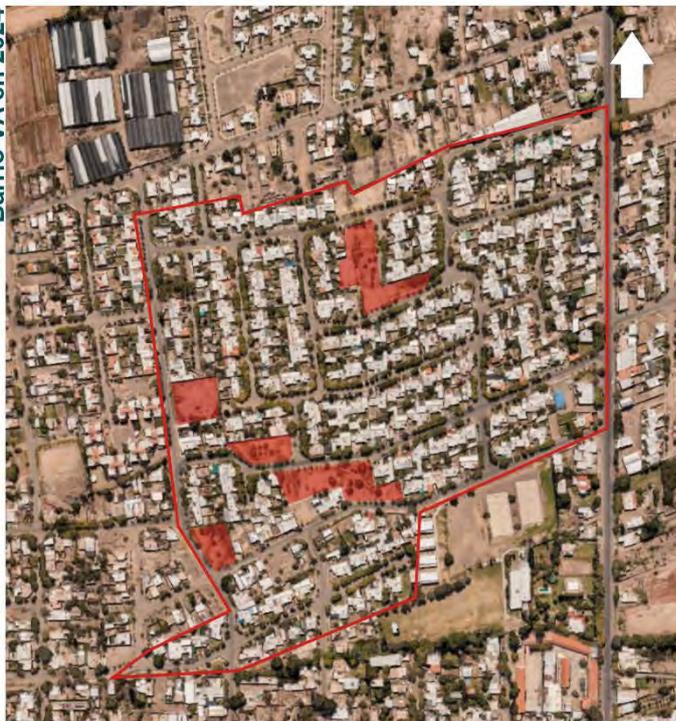
Barrio VA dentro del AMSJ



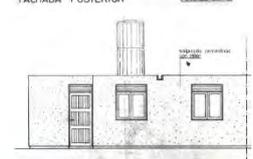
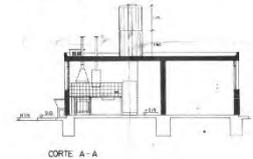
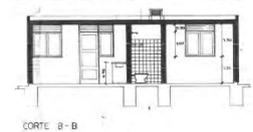
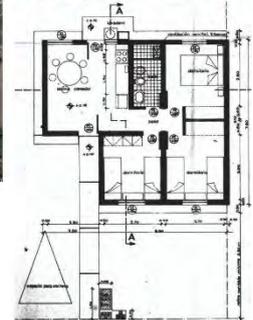
Barrio VA en 2004



Barrio VA en 2024



Prototipo del Barrio VA



Imágenes peatonales del Barrio VA



# ANEXO II

---



Este apartado tiene como objetivo presentar una síntesis de las técnicas de análisis estadístico univariado utilizadas en el Capítulo III. El análisis estadístico univariado busca describir, representar y analizar el conjunto de datos utilizando métodos estadísticos y gráficos que resuman y presenten la información contenida en ellos. Dicho método hace referencia al análisis de cada una de las variables estudiadas por separado, es decir, el análisis está basado en una sola variable. Las técnicas más frecuentes de análisis univariado son la distribución de frecuencias para una tabla univariada y el análisis de las medidas de tendencia central, de dispersión y de forma (Echaiz Rodas, 2018). Las medidas de estadística manejadas se organizan en 4 grupos (Figura 74).

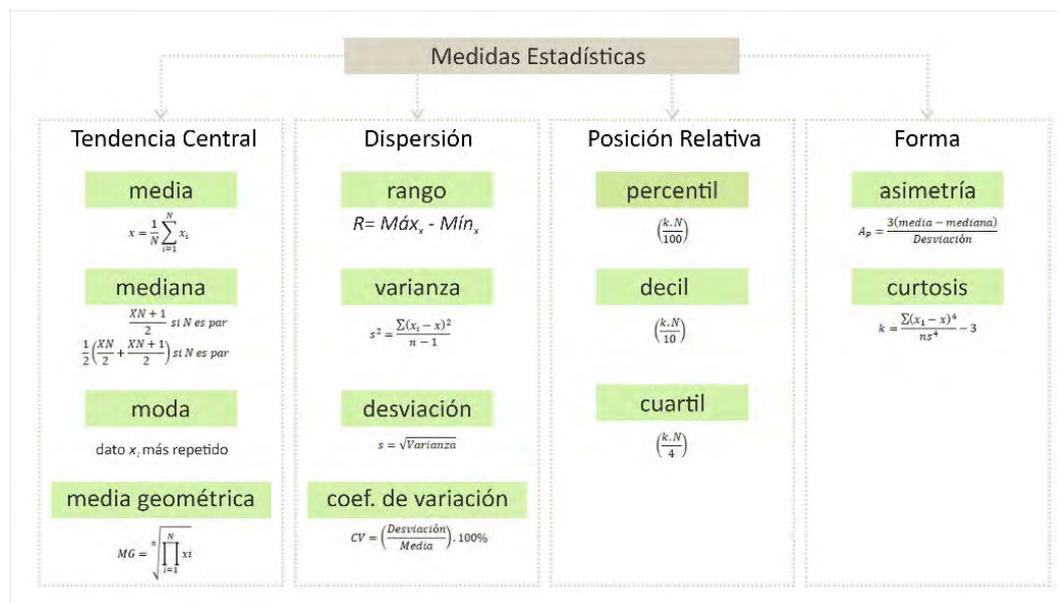


Figura 74. Medidas estadísticas univariadas. Fuente: elaboración propia según Llinás Solano (2021).

En base a lo expuesto por Cevallos Torres et al. (2017);

Media: es la media muestral es el cálculo de la media aritmética de los datos objeto de estudios.

Mediana: es el valor que se encuentra a la mitad de los datos ordenados de una muestra.

Moda: la moda nos indica el valor que tiene mayor frecuencia absoluta en una distribución de datos.

De las tres medidas de tendencia central (media, mediana y moda) la media es más exacta que la mediana por ser una estadística obtenida a través de una medición ordinal o de razón mientras que la mediana se obtiene a un nivel de medición nominal (Echaiz Rodas, 2018).

Rango: es la diferencia entre el valor mayor y el valor menor. Es la medida de dispersión más fácil de calcular, pero también es la menos estable al estar fuertemente influenciada por valores extremos atípicos. Según Echaiz Rodas (2018) tiene como desventaja que solo toma en cuenta para su cálculo las puntuaciones extremas, es decir la mayor y la menor omitiendo el resto de los datos u observaciones. Debido a lo anterior no es una medida confiable dado que se obtiene prácticamente por inspección.

Desviación estándar: la desviación estándar o desviación típica es la raíz cuadrada de la media de los cuadrados de las puntuaciones de desviación (varianza), se representa por  $\sigma$ .

Varianza: la varianza muestral nos indica la desviación de los datos con respecto a la media, como sabemos la variación de una constante es cero porque nunca cambiará su valor. Es una medida de variabilidad que toma en cuenta el 100 % de las puntuaciones de manera individual y su valor siempre será positivo.

Distribución de frecuencia: La frecuencia absoluta es el número de veces que aparece ese dato en una colección de datos. Comúnmente llamada tabla de frecuencias se utiliza para hacer la presentación de datos provenientes de las observaciones realizadas en el estudio, estableciendo un orden mediante la división en clases y registro de la cantidad de observaciones correspondientes a cada clase. Lo anterior facilita la realización de un mejor análisis e interpretación de las características que describen y que no son evidentes en el conjunto de datos brutos o sin procesar. Una distribución de frecuencias constituye una tabla en el ámbito de investigación (Echaiz Rodas, 2018).

Coefficiente de asimetría: el coeficiente de asimetría se define como el grado en que una distribución de puntos está concentrada en un extremo o en el otro. Cuando el coeficiente de asimetría es igual a cero se dice que es simétrico, en este caso tenemos que la media, la mediana y la moda son iguales. Cuando el coeficiente de asimetría es mayor a cero, entonces decimos que la distribución es asimétrica hacia la derecha (tiene sesgo positivo o es sesgada a la derecha). Es decir, la media es mayor a la mediana. Cuando el coeficiente de asimetría es menor a cero, entonces decimos que la distribución es asimétrica hacia la izquierda (tiene sesgo negativo o sesgado a la izquierda). Es decir, podemos decir que la media es menor a la mediana.

Coefficiente de Curtosis: nos permite saber si la distribución de los datos de una muestra está agrupada o no alrededor de la media, según la observación de su Campana de Gauss.

Con el coeficiente de Curtosis, podemos identificar si existe una gran concentración de valores alrededor de la media.

La asimetría y la curtosis nos dan información sobre la forma que tiene la distribución de una variable. Gracias a estas medidas no es primordial representar gráficamente cada variable ya que nos aportan un valor numérico que nos muestra cómo está formada la distribución. La asimetría es la medida que indica la simetría de la distribución de una variable respecto a la media aritmética, pudiendo haber distribuciones simétricas, asimétricas positivas y asimétricas negativas. La curtosis mide a su vez cómo de apuntada o achatada es la distribución mirando la cantidad de elementos cercanos al valor central (Rico, 2020).

Cuartiles (Q): los cuartiles dividen los elementos de la muestra en 4 grupos con frecuencias similares, Q1, Q2, Q3 y Q4.

Seguidamente, se presentan los reportes del paquete Performance del software R, donde se muestran los valores atípicos en la base de datos utilizada para los modelos estadísticos del Capítulo IV. Como se observa en Figura 75, Figura 76 y Figura 77 los valores atípicos se grafican en el recuadro de la derecha parte central. De existir los mismos deberían aparecer fuera de la línea de trazo color verde, y como puede corroborarse no existe la presencia de tales datos.

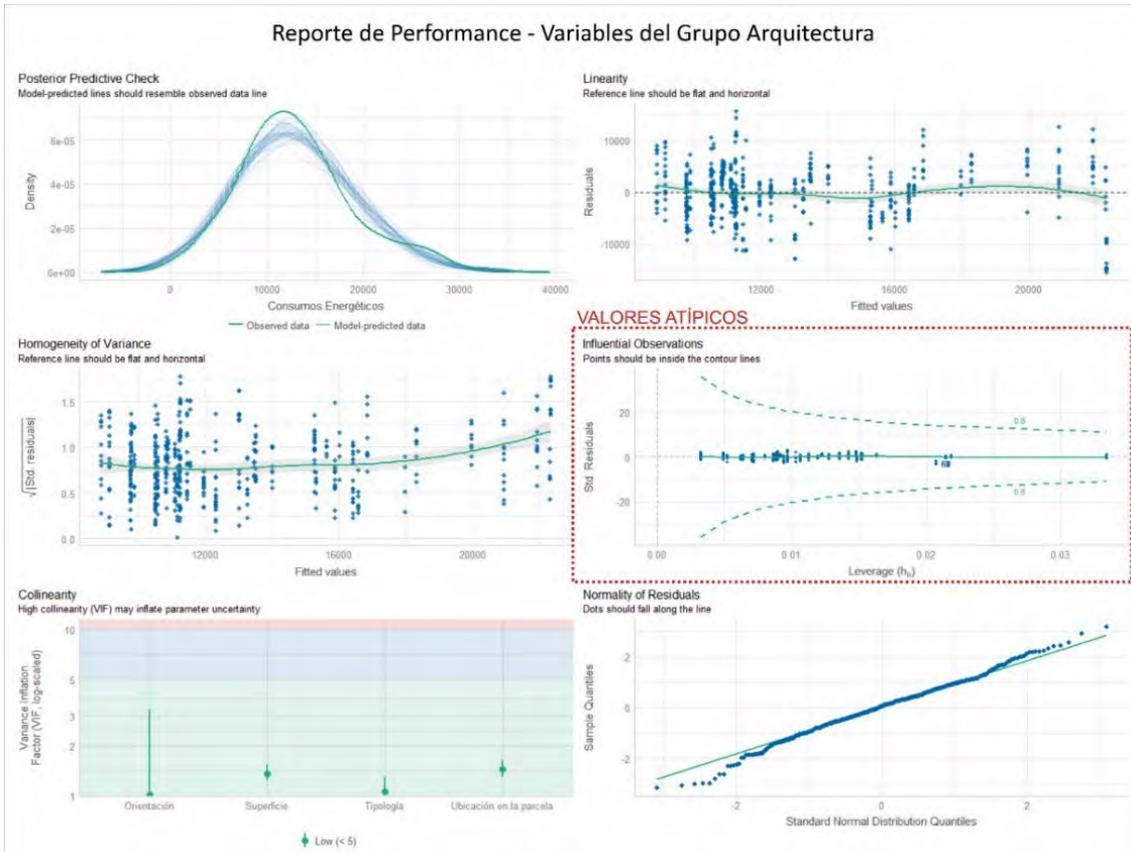


Figura 75. Valores atípicos en variables del Grupo Arquitectura. Fuente: elaboración propia, 2023.

### Reporte de Performance - Variables del Grupo Envoltante

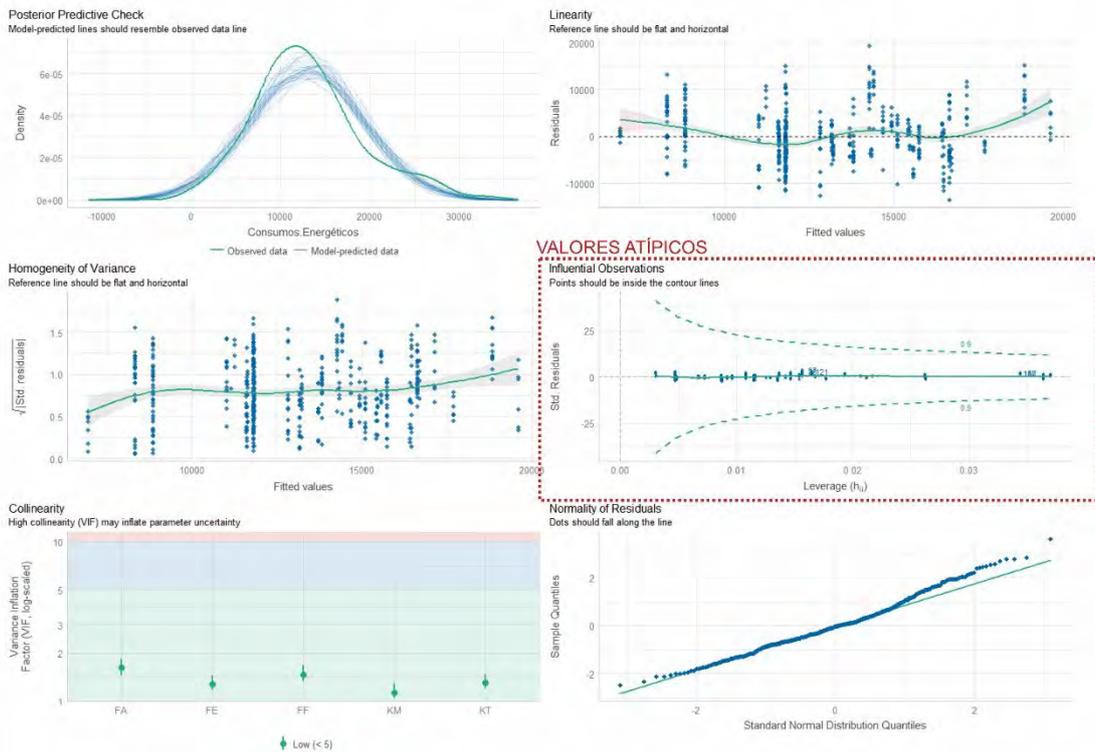


Figura 76. Valores atípicos en variables del Grupo Envoltante. Fuente: elaboración propia, 2023.

## Reporte de Performance - Variables del Grupo Uso

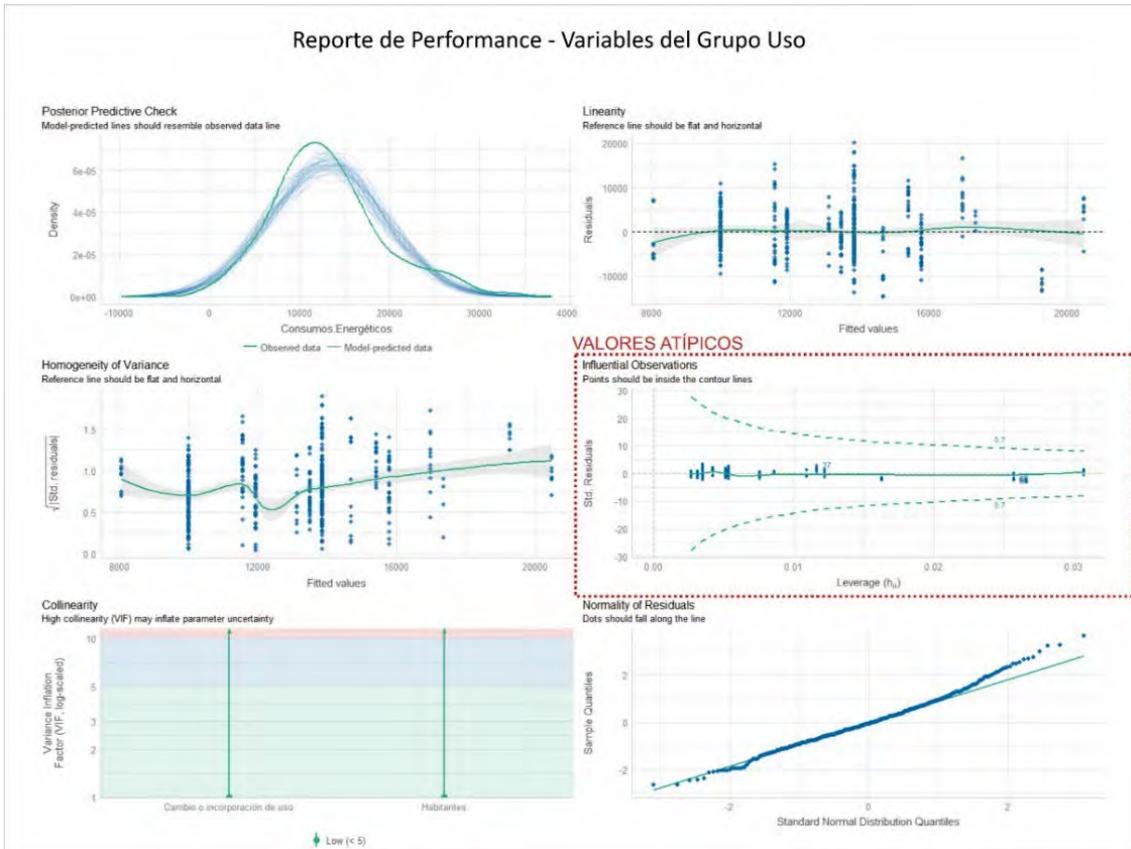


Figura 77. Valores atípicos en variables del Grupo Uso. Fuente: elaboración propia, 2023.

Seguidamente, se muestran las capturas originales del software R con los resultados de los MRLM para los tres cluster elaborados.

```
Call:
lm(formula = Consumos.Energéticos ~ FOT + Envolverte + FC +
    FAEP + m2.en.zona.de.dormir + m2.en.zona.de.estar + Año +
    Orientación + Ubicación.en.la.parcela + Tipología + Superficie +
    FF + FE + FA + FAE + KM + KT + Habitantes + Cambio.o.incorporación.de.uso +
    Suphab.p, data = baseNORMALIZADAC1)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.23609 -0.39446  0.01064  0.44786  1.65471

Coefficients: (10 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  9.811e-15  6.233e-02   0.000  1.00000
FOT          6.693e+00  1.123e+00   5.959  3.37e-08 ***
Envolverte  -1.039e+01  2.165e+00  -4.797  5.28e-06 ***
FC          -9.138e-01  1.529e-01  -5.975  3.12e-08 ***
FAEP        -9.544e+00  1.987e+00  -4.803  5.17e-06 ***
m2.en.zona.de.dormir
-1.061e+01  2.412e+00  -4.399  2.60e-05 ***
m2.en.zona.de.estar
 8.255e+00  2.465e+00   3.349  0.00112 **
Año         3.466e-01  1.084e-01   3.197  0.00183 **
Orientación  3.364e+00  6.901e-01   4.875  3.85e-06 ***
Ubicación.en.la.parcela
-2.275e+00  5.210e-01  -4.366  2.95e-05 ***
Tipología   1.561e+00  4.904e-01   3.184  0.00191 **
Superficie      NA           NA         NA         NA
FF            NA           NA         NA         NA
FE            NA           NA         NA         NA
FA            NA           NA         NA         NA
FAE           NA           NA         NA         NA
KM            NA           NA         NA         NA
KT            NA           NA         NA         NA
Habitantes    NA           NA         NA         NA
Cambio.o.incorporación.de.uso
NA           NA         NA         NA
Suphab.p      NA           NA         NA         NA
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6742 on 106 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.5846,    Adjusted R-squared:  0.5454
F-statistic: 14.92 on 10 and 106 DF,  p-value: 2.923e-16
```

Figura 78. Resultados del MRLM para el C1. Fuente: elaboración propia, 2024.

```

Call:
lm(formula = Consumos.Energéticos ~ FOT + Envolverte + FC +
    FAEP + m2.en.zona.de.dormir + m2.en.zona.de.estar + Año +
    Orientación + Ubicación.en.la.parcela + Tipología + Superficie +
    FF + FE + FA + FAE + KM + KT + Habitantes + Cambio.o.incorporación.de.uso +
    Suphab.p, data = baseNORMALIZADAC2)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.4178 -0.2756 -0.0206  0.2633  1.7637

Coefficients:
                Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    2.739e-16  3.066e-02   0.000 1.000000
FOT            -2.356e-01  4.399e-01  -0.536 0.592792
Envolverte     3.373e+00  1.159e+00   2.910 0.003957 **
FC             4.359e-01  2.882e-01   1.512 0.131793
FAEP          -6.606e-02  1.637e-01  -0.404 0.686859
m2.en.zona.de.dormir  8.076e-01  2.001e-01   4.036 7.36e-05 ***
m2.en.zona.de.estar  6.544e-01  2.398e-01   2.729 0.006835 **
Año            4.418e-01  5.438e-02   8.124 2.60e-14 ***
Orientación    5.944e-03  7.805e-02   0.076 0.939361
Ubicación.en.la.parcela -5.740e-02  1.109e-01  -0.518 0.605245
Tipología      1.534e-01  1.877e-01   0.817 0.414560
Superficie    -1.260e-01  4.405e-01  -0.286 0.775159
FF             2.690e-01  1.333e-01   2.019 0.044638 *
FE             4.083e-01  1.209e-01   3.376 0.000862 ***
FA             1.277e-02  6.440e-02   0.198 0.843025
FAE           1.867e-01  7.241e-02   2.578 0.010538 *
KM            2.791e-01  8.604e-02   3.244 0.001349 **
KT           -3.199e-01  7.822e-02  -4.090 5.94e-05 ***
Habitantes    -2.572e+00  9.447e-01  -2.723 0.006965 **
Cambio.o.incorporación.de.uso  9.769e-02  5.482e-02   1.782 0.076056 .
Suphab.p      -2.260e+00  9.489e-01  -2.382 0.018036 *
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.4897 on 234 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.7791, Adjusted R-squared:  0.7602
F-statistic: 41.27 on 20 and 234 DF, p-value: < 2.2e-16

```

Figura 79. Resultados del MRLM para el C2. Fuente: elaboración propia, 2024.

```

Call:
lm(formula = Consumos.Energéticos ~ FOT + Envolverte + FC +
    FAEP + m2.en.zona.de.dormir + m2.en.zona.de.estar + Año +
    Orientación + Ubicación.en.la.parcela + Tipología + Superficie +
    FF + FE + FA + KM + KT + Habitantes + Cambio.o.incorporación.de.uso +
    Suphab.p, data = baseNORMALIZADAC3)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-2.20310 -0.35126 -0.02886  0.37588  1.82100

Coefficients: (4 not defined because of singularities)
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -1.148e-14  5.331e-02  0.000  1.0000
FOT          -1.874e+00  1.432e+00 -1.309  0.1930
Envolverte  -2.583e+01  2.535e+01 -1.019  0.3103
FC          -6.931e+00  3.627e+00 -1.911  0.0585 .
FAEP       -1.128e+01  6.352e+00 -1.776  0.0783 .
m2.en.zona.de.dormir  1.147e+00  7.265e-01  1.579  0.1171
m2.en.zona.de.estar  4.505e+00  3.082e+00  1.462  0.1465
Año         8.763e-01  9.014e-02  9.721 < 2e-16 ***
Orientación  6.089e-01  9.493e-02  6.413 3.20e-09 ***
Ubicación.en.la.parcela -8.405e-01  1.488e-01 -5.649 1.17e-07 ***
Tipología   4.975e+00  4.261e+00  1.168  0.2453
Superficie  1.898e+01  2.040e+01  0.930  0.3541
FF          7.695e+00  7.384e+00  1.042  0.2995
FE         -2.283e-01  3.523e-01 -0.648  0.5183
FA         -1.187e+00  8.800e-01 -1.349  0.1799
KM          NA         NA         NA         NA
KT         -1.032e+00  5.808e-01 -1.777  0.0781 .
Habitantes  NA         NA         NA         NA
Cambio.o.incorporación.de.uso NA         NA         NA         NA
Suphab.p    NA         NA         NA         NA
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6125 on 116 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.6678,    Adjusted R-squared:  0.6248
F-statistic: 15.55 on 15 and 116 DF,  p-value: < 2.2e-16

```

Figura 80. Resultados del MRLM para el C3. Fuente: elaboración propia, 2024.



# ANEXO III

---



Este Anexo tiene como objetivo mostrar los lineamientos arquitectónicos y tecnológico-constructivos energéticamente eficientes sobre prototipos IPV y sus crecimientos, en base a las variables de estudio. Los mismos se complementan con pautas y recomendaciones de normativas nacionales en la temática, para obtener lineamientos integrales de crecimiento residencial, que se expresan a manera de recomendaciones y sugerencias.

	Variable: Superficie cubierta
	Grupo: Arquitectura
<p>A nivel mundial el valor de referencia de consumo por m<sup>2</sup> es de 150 kWh/m<sup>2</sup>.año. Además, el incremento de metros construidos incrementa la superficie expuesta, provoca mayores costos en la construcción y conlleva un mayor consumo de energía para climatización. Por esto, se recomienda abordar el aumento de superficie de forma prudente.</p>	
<p>Fuente: IEA (2023c), Czajkowski y Gómez (2002)</p>	

Tabla 38. Lineamiento de crecimiento según la superficie. Fuente: elaboración propia, 2024.

	Variable: Orientación
	Grupo: Arquitectura
<p>Para la zona climática del AMSJ, la orientación óptima es la norte (N), seguida por las orientaciones nor-este (NE) y nor-oeste (NO) y en menor medida las este y sur. Por el contrario, la orientación oeste debe ser, en lo posible, evitada. Se considera que la mejor orientación para una vivienda en clima templado cálido es aquella que optimiza la iluminación natural, evita la exposición directa al sol, aprovecha los vientos predominantes y se adapta al entorno natural.</p> <p>Se debe considerar que el norte recibe tres veces más radiación en invierno y en verano es sencillo de controlar por la elevada altura del sol. El este y oeste reciben en el verano más radiación y en el invierno menos que el muro norte, su incidencia casi horizontal lo hace dificultoso de controlar. Por el contrario, el sur no recibe radiación en invierno, pero sí en verano, a primeras y últimas horas del día, de incidencia horizontal.</p>	
<p>Fuente: Norma IRAM 11603 (2012), Arquitectura y Decoración (2024), Angiolini (2017)</p>	

Tabla 39. Lineamiento de crecimiento según la orientación. Fuente: elaboración propia, 2024.

	Variable: Ubicación en la parcela
	Grupo: Arquitectura
<p>Desde el punto de vista térmico- energético se recomienda que la vivienda crezca hacia los laterales ya que de esta manera quedará adosada a las viviendas adyacentes y tendrá un menor porcentaje de superficie expuesta al exterior. Esto es posible debido a que, en general, los terrenos urbanos localizados en el AMSJ son más largos que anchos. De esta manera las construcciones forman un conjunto de viviendas construidas en fila y conectadas por muros medianeros. Por lo cual se estima que no hay flujo de energía a través de estos, ya que ambas viviendas se encuentran a temperaturas similares y, por tal, se disipa menos cantidad de energía. Asimismo, en viviendas pareadas se reduce la incidencia solar.</p> <p>Para un clima similar al del AMSJ se recomienda acompañar el adosamiento con un perímetro regular y un alto nivel de compacidad en la construcción. Por el contrario, la falta de residencias en uno o los dos extremos laterales conlleva a que la vivienda sea más susceptible a la variabilidad térmica.</p>	
<p>Fuente: DPU (1951), Guevara Garrido (2015), Brito-Peña et al. (2022), Rozas y Bustamante (2009), Via Celere (2023).</p>	

Tabla 40. Lineamiento de crecimiento según la ubicación en la parcela. Fuente: elaboración propia, 2024.

	Variable: FOT
	Grupo: Arquitectura
<p>El FOT es un indicador urbano, sus siglas indican que es el factor de ocupación total y se obtiene de dividir la superficie total construida en la superficie del terreno. El valor del FOT se encuentra determinado por la DPDU y varía según la zona urbana. A continuación, se detallan las zonas del AMSJ y el FOT recomendado para terrenos menores a 5000 m<sup>2</sup>: C1 2.4 – 6, C2 1.2- 3.6, C3 1.2- 3.5, R1 1.8- 4.8, R2 0.7 - 4.8, R3 0.6- 4.2, R4 0.6- 1.2, R5 0.3- 0.6, R6 &lt; 0.4, Zr &lt; 0.4.</p>	
Fuente: Colegio de Agrimensores de San Juan (2020)	

Tabla 41. Lineamiento de crecimiento según el FOT. Fuente: elaboración propia, 2024.

	Variable: Tipología
	Grupo: Arquitectura
<p>En base a las características climáticas del AMSJ se recomienda una tipología con elevada inercia térmica, de esta manera el calor captado durante el día se almacena para la noche y el frío de la noche se disipa durante el día, manteniendo una temperatura interior constante. En cuanto a la forma óptima, se sugiere una tipología compacta, alargada en dirección este-oeste, exponiendo las mayores caras al norte-sur. La zonificación permite ubicar los locales principales hacia la mejor orientación y ubicar los locales de servicio o secundarios a la más desfavorable.</p> <p>Igualmente, se deben utilizar en la envolvente colores claros que reflejen los rayos solares. En relación con el entorno inmediato se sugiere la inclusión de patios y la presencia de agua y plantas para humidificar el ambiente y facilitar el almacenamiento del aire fresco de las noches. Se recomienda espacios exteriores en torno a la vivienda para realizar la vida en ellos y voladizos que generen sombras en los espacios exteriores.</p> <p>Se sugiere incorporar aberturas controladas para reducir el impacto de la amplitud térmica con postigos o cortinas de enrollar en las mismas para controlar la radiación directa y difusa en los días con elevada temperatura. Acerca de las aberturas, las mismas deben ser pocas, pequeñas y protegidas de la radiación solar mediante voladizos, persianas o vegetación. Los elementos fijos: se colocarán al Este y Oeste, debido a los bajos y variados ángulos de incidencia de los rayos solares a lo largo de las estaciones, se elegirá parasoles verticales. Si la orientación de la abertura es al norte, la opción adecuada son los voladizos o parasoles horizontales y lo ideal para esta orientación es optar por elementos móviles.</p> <p>De forma contraria, al sur no se deberían colocar voladizos fijos, ya que la radiación solar es difusa y genera una disminución de la iluminación natural interior en cualquier época del año. En el caso de los elementos móviles, se recomienda el uso de toldos que pueden llegar a reducir las ganancias solares del 55% al 65% en aberturas orientadas a norte y del 70% al 80% en las orientadas a Este y Oeste. En todos los casos, se indica separarlos de las paredes para permitir el movimiento del aire junto a la fachada.</p>	
Fuente: Lirola (2020), Olgay (1963), Huellas de Arquitectura (2013), Neila Gonzalez (2004), Secretaría de Vivienda (2019), Norma IRAM 11603 (2012)	

Tabla 42. Lineamiento de crecimiento según la tipología. Fuente: elaboración propia, 2024.

	Variable: Usos: Patio, Balcón, Cochera
	Grupo: Arquitectura
<p>PATIO INTERNO: Los locales habitables deben ventilar a patios internos cuya superficie mínima es de 10 m<sup>2</sup> y su dimensión mínima es de 2,50 mtrs. (en las zonas R1 y R2) y de 12 m<sup>2</sup> de superficie y dimensión mínima de 3 mtrs. en las demás zonas. Locales no habitables podrán ventilar a patios cuya superficie mínima es de 5 m<sup>2</sup> y su dimensión mínima de 1,50 mtrs.</p> <p>BALCÓN: Los balcones en la fachada principal podrán tener una saliente de la línea municipal de 1 mtr. como máximo, en las ochavas se permitirán salientes curvas cuya flecha no exceda de 1 mtr. Además, en todos los balcones no podrá ejecutarse columnas, muros laterales o pantallas opacas.</p>	
Fuente: DPDU (1951)	

Tabla 43. Lineamiento de crecimiento según patio, balcón y cochera. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<b>Variable: Factor de Forma (FF)</b>
	Grupo: Envoltente
	Se obtiene de dividir la superficie de la envoltente en el volumen y es recomendable obtener valores pequeños de FF ya que esto indica edificios compactos, con baja superficie de envoltente, en viviendas continuas o pareadas y que en estos casos disminuyen las pérdidas de calor en la envoltente. Para climas similares a los del AMSJ se sugieren valores próximos a 1.2.
Fuente: Solís Recéndez (2010), Guevara Garrido (2015), Secretaría de Vivienda (2019), (Czajkowski y Gómez, 2002), Mendieta Melchor (2002)	

Tabla 44. Lineamiento de crecimiento según el FF. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<b>Variable: Factor de Exposición (FE)</b>
	Grupo: Envoltente
	Se recomienda reducir lo máximo posible la superficie expuesta, ya que el comportamiento térmico de una vivienda varía según este factor. Las viviendas aisladas, pareadas, en fila poseen diferente comportamiento energético dado por su mayor o menor superficie expuesta al exterior. Con el mismo tipo de envoltente, las pérdidas de calor a través de la envoltente disminuyen en la medida que la envoltente expuesta de la vivienda tenga una menor superficie. Sin embargo, este aspecto debe manejarse cuidadosamente para no perder la ventilación cruzada o aprovechar el asoleamiento según las orientaciones.
Fuente: Solís Recéndez (2010), Colonelli et al. (2015), Rozas y Bustamante (2009), Czajkowski y Gómez, (2002)	

Tabla 45. Lineamiento de crecimiento según el FE. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<b>Variable: Factor de Compacidad (FC)</b>
	Grupo: Envoltente
	Es el cociente de la superficie habitable y la superficie de la envoltente. Se recomiendan valores del FC próximos a 100 ya que esto indica edificios más compactos y a mayor compacidad menores pérdidas de calor con el exterior.
Fuente: Solís Recéndez (2010), IRAM (2001)	

Tabla 46. Lineamiento de crecimiento según el FC. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<b>Variable: Factor de Área Envoltente Piso (FAEP)</b>
	Grupo: Envoltente
	Se obtiene de dividir la superficie de la envoltente en la superficie del piso. Se recomiendan valores de FAEP de hasta 2. Cuanto más próximo a 2 sea el FAEP menor será la superficie de envoltente, los costos de construcción y la superficie de intercambio de calor con el exterior.
Fuente: Baserga (2022), Esteves y Gelardi (2013)	

Tabla 47. Lineamiento de crecimiento según el FAEP. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<b>Variable: Factor de Aventanamiento (FA)</b>
	Grupo: Envoltente
	El FA depende de las características, orientación y tamaño de las aberturas, del tipo de materialidad, si se dispone de sistemas de protección solar (como aleros, parasoles, celosías, cortinas). por lo que estimar un valor correcto puede ser equívoco, usualmente suele definirse un rango de valores. No obstante, para las zonas climáticas similares a la del AMSJ se recomienda un FA entre 15% y 30%. Esto significa que, como máximo, el 30% de la fachada está compuesta de vidrio, mientras que el 70% restante presenta una materialidad diversa como ladrillo u hormigón. Se aconseja cuidar la proporción vidriada en la orientación norte y oeste. Como valores mínimos se sugiere un 15% para asegurar la correcta iluminación y ventilación natural. Por el contrario, en ningún

<p>caso es óptima una proporción de 75%, o similar, para cualquier orientación. Si se quisiera saber la relación de las aberturas con la superficie de piso, se recomienda un 15%.</p> <p>Asimismo, se recomienda la revisión periódica de las aberturas ya que las mismas dan origen a importantes pérdidas de energía por infiltración. Se sugiere la renovación de vidrios y marcos en base a su vida útil y la utilización de DVH. Además de incluir en las aberturas cortinas o persianas para proteger las superficies vidriadas en invierno y aleros o toldos en las aberturas al norte para evitar la ganancia de calor en época estival. Estas acciones mejoran la EE del edificio e incrementan el confort térmico en el interior.</p>
<p>Fuente: Raji et al. (2016), Ruihua et al. (2023), Hossain (2020), Kim et al. (2016), Al-Homoud (1997a), PNUD (2024), Czajkowski y Gómez (2002), Norma IRAM 11604 (2001), International Code Council (2018), Normativa ASHRAE 90.1 (2018), Hossain (2020), Ragab (2023), Kim et al. (2016), Aram y Alibaba (2019), Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética (2017)</p>

Tabla 48. Lineamiento de crecimiento según el FA. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<p><b>Variable: Transmitancia Térmica</b></p> <p>Grupo: Envolvente</p>
<p>Es el cociente entre el flujo de calor en régimen estacionario y el área y la diferencia de temperatura entre los medios circundantes a cada lado del sistema. El proceso para calcular la transmitancia térmica se obtiene de la Norma IRAM 11601 y la comparación con los valores admisibles se obtiene de la Norma IRAM 11605.</p> <p>Para San Juan, en verano, y para una calidad de construcción ecológica (A) se sugieren valores de K en muros de 0,50 W/m<sup>2</sup>.K y de 0,19 W/m<sup>2</sup>.K para techo. Para una calidad recomendada (B) los valores de muro son de 1,25 W/m<sup>2</sup>.K y 0,48 W/m<sup>2</sup>.K para techo. Por último, para una calidad mínima (C) los valores son de 2,0 W/m<sup>2</sup>.K y 0,76 W/m<sup>2</sup>.K para muro y techo respectivamente.</p> <p>Asimismo, se sugiere que para reducir las pérdidas de calor en invierno y las ganancias en verano es necesario utilizar materiales que funcionan como aislante térmico como lana de vidrio, poliestireno expandido, poliuretano, entre otros.</p>	
<p>Fuente: Norma IRAM 11601 (2002a), Norma IRAM 11605 (2002b), Subsecretaría de ahorro y eficiencia energética (2017)</p>	

Tabla 49. Lineamiento de crecimiento según la Transmitancia térmica. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<p><b>Variable: Habitantes</b></p> <p>Grupo: Uso</p>
<p>El incremento de habitantes residenciales se vincula a la condición de hacinamiento de los hogares. Por tal debe tenerse en cuenta que se consideran hogares con hacinamiento a aquellos que tienen 2 personas o más por dormitorio y con hacinamiento crítico a los que tienen más de 3 personas por dormitorio. Para ello, se toma en cuenta la cantidad de habitaciones que tiene el hogar para uso exclusivo (excluyendo cocina, baño, pasillos, lavadero, garaje), es decir, sin compartir con otros hogares. En este sentido, se considera habitación todo cuarto separado por paredes desde el piso hasta el techo.</p>	
<p>Fuente: INDEC (2021)</p>	

Tabla 50. Lineamiento de crecimiento según los habitantes. Fuente: elaboración propia, 2024.

	<p><b>Variable: Superficie habitable por persona</b></p> <p>Grupo: Uso</p>
<p>Si bien la superficie por persona es muy variable según el país, la superficie media informada por persona es de 14,4 m<sup>2</sup>, con un rango global de 2 a 69 m<sup>2</sup>. El Código de Edificación de la provincia establece 15 m<sup>2</sup> por persona como el factor de ocupación en viviendas.</p>	
<p>Fuente: Secretaría de hábitat (2012), DPDU (1951)</p>	

Tabla 51. Lineamiento de crecimiento según superficie habitable. Fuente: elaboración propia, 2024.

	Variable: Incorporación y/o cambio de uso
Grupo: Uso	
<p>Se recomienda que cada unidad tenga independencia estructural y de instalaciones de servicios propios conectados a la red general. La independencia estructural favorece y posibilita los cambios, crecimientos y/o ampliaciones de la vivienda. Asimismo, la distribución espacial funcional debe responder a los diversos y habituales modos de vida, proponiendo con criterios de flexibilidad, diferentes alternativas de apropiación y uso. La distribución interna tenderá a la máxima interacción de las actividades del área social familiar, de modo que por su morfología admita posteriores particiones funcionales y espaciales para usos diversos.</p>	
Fuente: Secretaría de Vivienda (2019)	

*Tabla 52. Lineamiento de crecimiento según cambios de uso. Fuente: elaboración propia, 2024.*



## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. San Juan (izq.), AMSJ (centro) e isolíneas de la Isla de Calor (der.). Fuente: elaboración propia según Google Maps, 2023 (centro) y Cúnsulo et al., 2013 (der.)</i>	16
<i>Figura 2. Zonificación sísmica (izq.), zonas bioambientales según Normas IRAM 11603 (centro) y zonificación de radiación directa anual (der.). Fuente: elaboración propia en base a INPRES, 2013 (izq.), IRAM, 2012 (centro) y Haim, 2013 (der.)</i>	17
<i>Figura 3. Cambios en la temperatura de la superficie global. Fuente: IPCC (2023).</i>	26
<i>Figura 4. Consumos energéticos por país (izq.) y tendencia de consumos 1.900-2022 a nivel mundial (der.). Fuente: elaboración propia en base a ENERDATA (2023b).</i>	27
<i>Figura 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> (izq.) y su tendencia y tendencia de emisiones 1900-2022 a nivel mundial (der.). Fuente: elaboración propia en base a ENERDATA (2023a).</i>	28
<i>Figura 6. Consumos energéticos y emisiones de CO<sub>2</sub> (izq.) y Consumo final de energía por sectores (der.) en Argentina. Fuente: elaboración propia en base a ENERDATA (2023a), (2023b) y Ministerio de Economía (2023).</i>	29
<i>Figura 7. Emisiones globales de CO<sub>2</sub> en la edificación (izq.) y emisiones para el año 2019 (der.). Fuente: elaboración propia en base a IEA (2023) y UNEP (2020a)</i>	31
<i>Figura 8. Cantidad de viviendas particulares y sus habitantes en San Juan. Fuente: elaboración propia en base a INDEC (2023).</i>	37
<i>Figura 9. Categorías de evaluación de ampliaciones para viviendas en Dinamarca. Fuente: Elaboración propia basada en Danish Knowledge Centre for Energy Savings in Buildings (2018).</i>	48
<i>Figura 10. Esquema de la metodología elaborada. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	54
<i>Figura 11. Niveles de anclaje de la metodología propuesta. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	55
<i>Figura 12. Datos base y variables del aspecto envolvente. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	60
<i>Figura 13. Encuesta sobre los habitantes durante la fase de uso. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	63
<i>Figura 14. Demanda de electricidad por habitante para el año 2022. Fuente: elaboración propia en base a IEA (2023b) y Datosmacro (2023).</i>	64
<i>Figura 15. Estructura de la metodología propuesta. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	73
<i>Figura 16. Barrios del AMSJ construidos por el IPV (izq.) y barrios que cumplen con los tres primeros filtros. (der.). Fuente: elaboración propia en base a información de UNIDE, 2020.</i>	78
<i>Figura 17. Cantidad de viviendas ampliadas y sin ampliar. Fuente: elaboración propia en base a Google Maps y Google Earth, 2021.</i>	80
<i>Figura 18. Proceso de filtrado para definición del universo y muestra. Fuente: elaboración propia, 2021.</i>	81
<i>Figura 19. Representación de las 24 viviendas que componen la muestra. Fuente: elaboración propia, 2021.</i>	82
<i>Figura 20. Barrio de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	84
<i>Figura 21. Proceso de construcción de las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	85
<i>Figura 22. Viviendas IPV de la muestra y su superficie ampliada. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	86
<i>Figura 23. Incremento de superficie en las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	87
<i>Figura 24. Posición en la parcela de las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	90

Figura 25. Valores de FOT por vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	91
Figura 26. Ampliaciones en viviendas (izq.) y diferencia entre año de construcción y año de ampliación (der). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	92
Figura 27. Tipologías de los PO. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	93
Figura 28. Tipología original y sus ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	94
Figura 29. Viviendas IPV y su superficie de envolvente. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	95
Figura 30. Viviendas IPV y su FF. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	95
Figura 31. Viviendas IPV y su FE. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	97
Figura 32. Viviendas IPV y su FC. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	98
Figura 33. Viviendas IPV y su FAEP. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	99
Figura 34. Viviendas IPV y su FA. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	100
Figura 35. FA norte y sur. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	101
Figura 36. FA oeste y este. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	101
Figura 37. Valores de K para muros (izq.) y techo (der.) antes y después de la ampliación. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	102
Figura 38. K para viviendas del B° CESAP (izq.) y B° 20 de noviembre (der.) para PO y las diferentes ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	102
Figura 39. K para viviendas del B° CGT Rawson (izq.) y B° Municipal de Santa Lucía (der.) para PO y las diferentes ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	103
Figura 40. K para viviendas del B° Virgen de Andacollo (izq.), B° padre Fanzolato (centro) y B° procesa Sarmiento (der.) para PO y las diferentes ampliaciones. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	103
Figura 41. Esquemas constructivos característicos de los PO y PA. Fuente: elaboración propia, 2024. ....	104
Figura 42. Variables de arquitectura (izq.) y envolvente (der.) por tipología en su estado original. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	106
Figura 43. Años en fase de uso y de consumos energéticos. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	107
Figura 44. Regresión múltiple para generar datos de consumo de gas. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	108
Figura 45. Agrupación de las viviendas para análisis estadístico. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	110
Figura 46. Consumo Energético promedio anual por vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	110
Figura 47. Consumo Energético por año. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	111
Figura 48. Valores de Consumo Energético/m <sup>2</sup> promedio anual por vivienda (sup.) y por año (inf.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	113
Figura 49. Valores de Consumo Energético/hab. por vivienda (izq.) y por año (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	115
Figura 50. Habitantes pre y post ampliación. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	117
Figura 51. Hacinamiento en viviendas pre y post ampliación. Fuente: elaboración propia, 2024. ....	118
Figura 52. Esquemas de dormitorios en el PO y en el PA. Fuente: elaboración propia, 2024. ....	121
Figura 53. Superficie incorporada en estar-comedor. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	122
Figura 54. Esquemas de estar comedor en el PO y en el PA. Fuente: elaboración propia, 2024. ....	123
Figura 55. Tipos de variables de análisis. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	131

<i>Figura 56. Matriz de correlación de variables del grupo Arquitectura. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	133
<i>Figura 57. Matriz de correlación de variables del grupo Envolverte. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	134
<i>Figura 58. Matriz de correlación de variables del grupo Energía. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	134
<i>Figura 59. Matriz de correlación de variables del grupo Uso. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	135
<i>Figura 60. Matriz de análisis bivariado. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	136
<i>Figura 61. Agrupamiento de viviendas en clúster. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	138
<i>Figura 62. Vivienda N°14. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	156
<i>Figura 63. Temperatura exterior para el AMSJ. Fuente: Climate Consultant, 2024.</i>	158
<i>Figura 64. Planta, cortes y fachada del prototipo ampliado eficiente. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	161
<i>Figura 65. En Energy Plus el prototipo original (izq.), la ampliación real (centro) y la ampliación eficiente propuesta (der.). Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	161
<i>Figura 66. Ahorro energético del prototipo eficiente. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	162
<i>Figura 67. Demanda de energía en la SPO, SAR y la SAE. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	163
<i>Figura 68. Consumos anuales históricos de la vivienda N°14 y consumos de la SPO, SAR y SAE. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	163
<i>Figura 69. Consumos energéticos del C3 en la ampliación real. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	166
<i>Figura 70. Consumos energéticos del C3 en la ampliación eficiente. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	166
<i>Figura 71. Propuesta de etiqueta para viviendas post ampliación (izq.) y aplicación de la etiqueta a la vivienda N°14 (der.) del C3. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	168
<i>Figura 72. Prototipado App Ampliación Residencial Eficiente. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	184
<i>Figura 73. Propuesta Página Web Ampliación Residencial Eficiente. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	185
<i>Figura 74. Medidas estadísticas univariadas. Fuente: elaboración propia según Llinás Solano (2021).</i>	245
<i>Figura 75. Valores atípicos en variables del Grupo Arquitectura. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	248
<i>Figura 76. Valores atípicos en variables del Grupo Envolverte. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	249
<i>Figura 77. Valores atípicos en variables del Grupo Uso. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	250
<i>Figura 78. Resultados del MRLM para el C1. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	251
<i>Figura 79. Resultados del MRLM para el C2. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	252
<i>Figura 80. Resultados del MRLM para el C3. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	253

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Conceptualizaciones de la vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023.....	39
Tabla 2. Significado de la vivienda. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	41
Tabla 3. Normativas de análisis. Fuente: elaboración propia, 2023. ....	45
Tabla 4. Metodologías de evaluación de la EE en viviendas ampliadas. Fuente: elaboración propia basada en BMVBS (2010).....	46
Tabla 5. Barrios que cumplen con los tres primeros filtros. Fuente: elaboración propia en base a información de IPV y UNIDE, 2021. ....	79
Tabla 6. Designación de las viviendas de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2024. ....	83
Tabla 7. Datos de los barrios de la muestra. Fuente: elaboración propia, 2023.....	83
Tabla 8. Medidas estadísticas para la superficie (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	88
Tabla 9. Vivienda por Orientación (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023.....	88
Tabla 10. Orientación de las viviendas en base a la envolvente. Fuente: elaboración propia, 2024. ....	89
Tabla 11. Vivienda y su ubicación (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	90
Tabla 12. Medidas estadísticas para el FOT (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	91
Tabla 13. Vivienda según tipología (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	93
Tabla 14. Medidas estadísticas para el FF (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	96
Tabla 15. Medidas estadísticas para el FE (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	97
Tabla 16. Medidas estadísticas para el FC (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	98
Tabla 17. Medidas estadísticas para el FAEP (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	99
Tabla 18. Medidas estadísticas para el FA (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	100
Tabla 19. Medidas estadísticas para el Consumo Energético promedio anual (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	112
Tabla 20. Medidas estadísticas para el Consumo Energético/m <sup>2</sup> (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	114
Tabla 21. Medidas estadísticas para el Consumo Energético/habitante (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	116
Tabla 22. Medidas estadísticas para Habitantes (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	117
Tabla 23. Cumplimiento de la superficie por persona según Norma IRAM 11659-1 (izq.) y Superficie habitable por persona pre y post ampliación (der.). Fuente: elaboración propia, 2024. ....	119
Tabla 24. Cantidad de viviendas con cambio de uso (izq.) y gráfico de barras (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	120
Tabla 25. Medidas estadísticas para m <sup>2</sup> en zona de descanso (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	120
Tabla 26. Medidas estadísticas para m <sup>2</sup> en zona de estar (izq.) e histograma (der.). Fuente: elaboración propia, 2023. ....	122
Tabla 27. Variables categóricas a numéricas. Fuente: elaboración propia, 2023.....	132

<i>Tabla 28. Valores de referencia para las variables de análisis. Fuente: elaboración propia, 2023.</i>	138
<i>Tabla 29. Caracterización de los clústeres. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	141
<i>Tabla 30. Modelos de regresión por clúster. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	144
<i>Tabla 31. Datos cargados en EP para simulación energética. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	157
<i>Tabla 32. Tabla con valores comparativos del prototipo original, ampliación real y ampliación eficiente: Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	159
<i>Tabla 33. Transmitancia del PO y de la Ampliación Eficiente propuesta. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	160
<i>Tabla 34. Ahorro energético, económico y en emisiones-Vivienda N°14. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	164
<i>Tabla 35. Caracterización del C3 y sus barrios. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	164
<i>Tabla 36. Ahorro de energía, emisiones y económico en viviendas del C3. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	165
<i>Tabla 37. Ahorros por m<sup>2</sup> para viviendas del C3. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	167
<i>Tabla 38. Lineamiento de crecimiento según la superficie. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	257
<i>Tabla 39. Lineamiento de crecimiento según la orientación. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	257
<i>Tabla 40. Lineamiento de crecimiento según la ubicación en la parcela. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	257
<i>Tabla 41. Lineamiento de crecimiento según el FOT. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	258
<i>Tabla 42. Lineamiento de crecimiento según la tipología. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	258
<i>Tabla 43. Lineamiento de crecimiento según patio, balcón y cochera. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	258
<i>Tabla 44. Lineamiento de crecimiento según el FF. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	259
<i>Tabla 45. Lineamiento de crecimiento según el FE. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	259
<i>Tabla 46. Lineamiento de crecimiento según el FC. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	259
<i>Tabla 47. Lineamiento de crecimiento según el FAEP. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	259
<i>Tabla 48. Lineamiento de crecimiento según el FA. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	260
<i>Tabla 49. Lineamiento de crecimiento según la Transmitancia térmica. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	260
<i>Tabla 50. Lineamiento de crecimiento según los habitantes. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	260
<i>Tabla 51. Lineamiento de crecimiento según superficie habitable. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	260
<i>Tabla 52. Lineamiento de crecimiento según cambios de uso. Fuente: elaboración propia, 2024.</i>	261