

Incidência do ambiente imediato na eficiência energética para climatização de habitações estatais no nordeste da Argentina

Incidencia del entorno inmediato en la eficiencia energética para climatización de viviendas de producción estatal en el Nordeste de Argentina

Sessão Temática: ST04. Entorno construído, tecnología y sostenibilidad

ALÍAS, Herminia María. Doctora en Arquitectura; Magíster en Gestión Ambiental. Profesora Adjunta e Investigadora. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste (FAU-UNNE). Argentina.

heralias2001@yahoo.com.ar

heralias@arq.unne.edu.ar

Resumen

El objetivo fue valorar la incidencia de variables del entorno en la necesidad de energía para climatización de viviendas de producción estatal de cuatro ciudades del Nordeste argentino. Se definieron casos de viviendas y mediante simulaciones y monitoreos, se definió una *referencia* que representa a la vivienda habitual y su desempeño en la zona cálida-húmeda, así como a factores significativos del diseño de su entorno inmediato. Se plantearon grupos de variables asociadas a dicho entorno: *Densidad del área de implantación; Tipo de superficies de veredas, calles adyacentes y espacios libres; Presencia de arbolado en el espacio exterior inmediato*, entre los más significativos. Se ponderaron estados posibles de cada variable y su incidencia en el consumo de electricidad para climatizar las viviendas, según la *referencia* definida. El entorno influye en las cargas externas a través de superficies opacas, vidriadas y de ventilación, siendo un factor con un impacto real en el consumo energético para climatizar.

Palabras-clave: entorno, energía, climatización.

Abstract

The objective was to assess the incidence of variables of the surrounding environment on the need for energy for air conditioning in state-managed houses in four cities in the Argentine Northeast. Houses cases were defined and through simulations and monitoring, a *reference* was defined: it represents the habitual house and its performance in the warm-humid zone, as

well as significant design factors of its immediate environment. Groups of variables associated with this environment were proposed: *Density of the implantation area; Type of sidewalk surfaces, adjacent streets and free spaces; Presence of trees in the immediate exterior space*, among the most significant. Possible states of each variable and their impact on electricity consumption to air-condition homes were weighted, according to the defined *reference*. The environment influences external loads through opaque, glazed and ventilation surfaces, being a factor with a real impact on energy consumption for air conditioning.

Keywords: surrounding environment, energy, air conditioning.

1. Introducción

Frente a la problemática ambiental actual de escasez de recursos energéticos y de cambio climático (calentamiento global), la estrategia de reducir el consumo energético general conllevaría a disminuir el consumo de combustibles fósiles y la emisión de gases de efecto invernadero. La “Transición Energética Argentina al 2050” tiene el objetivo de lograr la diversificación de la matriz energética con Energías Renovables, Eficiencia Energética en la vivienda y un escenario de estrategias para la reducción de emisiones, siguiendo la experiencia internacional (Fernández, 2019). Un tercio de la energía en Argentina se destina al sector vivienda (Ministerio de Hacienda, 2018), y casi un tercio de la demanda nacional de energía primaria es para climatización de edificios. Las viviendas producidas por el Estado representan aproximadamente el 35% del parque residencial de los principales centros urbanos de la región Nordeste de Argentina –NEA- (Alías, 2020). Dicha región pertenece a la zona bioambiental “I”, muy cálida (IRAM, 2012) e incluye a las provincias de Chaco, Corrientes, Misiones y Formosa (cuyas ciudades capitales son Resistencia, Corrientes, Posadas y Formosa, respectivamente). En la demanda de energía de estas viviendas, la refrigeración representa el rubro prioritario (60 % del consumo, que utiliza la electricidad como vector energético único).

En este marco, urge reducir el impacto ambiental negativo del parque habitacional durante su ciclo de vida, y a la vez garantizar la calidad de vida de sus habitantes, reivindicando el derecho a una vivienda digna y sustentable (política, social, económica y ambientalmente), haciendo un uso más racional y efectivo de los recursos públicos (Ferreira y Czajkowski, 2019). Son necesarios en este sentido modelos integradores y contextualizados de evaluación de la vivienda de producción estatal, que consideren la multiplicidad de dimensiones y variables intervinientes.

La influencia del entorno de implantación de las viviendas no se considera suficientemente en la planificación, diseño y producción del hábitat residencial estatal ni en su evaluación de desempeño energético y ambiental. Sin embargo, el entorno constituye un factor incidente en la calidad de vida de las personas, ineludible en una evaluación de comportamiento térmico y de consumo de energía para climatización. En este sentido, según Tumini y Pérez Fargallo

(2015), el entorno inmediato a la vivienda incide significativamente en la sensación de bienestar y en la experiencia de vida de los habitantes, ya que regula o determina el tráfico peatonal y las actividades que allí es posible desarrollar.

El entorno es el sector circundante a la vivienda, que influye sobre su desempeño higrotérmico y sus condiciones ambientales a través de sus características morfológico-espaciales y funcionales, que determinan ciertas condiciones ambientales generales: sombras arrojadas, facilidad de penetración, velocidad y dirección del viento, variaciones de la temperatura del aire y de la humedad relativa según la densidad edilicia, la presencia de vegetación, de espejos de agua y de elementos de la topografía, así como según la presencia y el tipo de edificios próximos y el tipo de superficies libres adyacentes y cercanas. Estas condiciones inciden en fenómenos como el de la isla de calor¹ -aumentos de 3°C a 4°C respecto a las temperaturas en áreas suburbanas o rurales- (Czajkowski y Gómez, 2011).

Considerar todos estos factores resulta sumamente complejo. Sin embargo, desconocerlos implica una evaluación parcializada del desempeño de las viviendas en cuanto a su necesidad de energía para acondicionamiento ambiental térmico, ya que ellas están en intercambio permanente con el entorno circundante. Existe una estrecha relación vivienda – entorno – ciudad: la edificación (la vivienda) y las adecuaciones intradomiciliarias, mantienen estrecha relación con la urbanización: la determinan, pero a la vez están determinadas por ella. Así, la demanda / consumo de energía, por ejemplo, está influenciada por el tratamiento de factores urbanísticos -como veredas, pavimentos, arbolado, tipo de calles- y con el parcelamiento -tipo de loteos y amezanamientos y las posibilidades que ellos permiten- (Alías y Jacobo, 2019).

La interrelación entre el parcelamiento, la urbanización y la edificación -las tres operaciones de producción de suelo urbano, según Solà Morales (1997)- determina ciertas configuraciones energéticas de la vivienda y el hábitat social, que a su vez define ciertas configuraciones energéticas urbanas: determina, por ejemplo, la intensidad del fenómeno de isla de calor.

El objetivo de este artículo es presentar una propuesta de valoración de la incidencia de ciertas condiciones del entorno de viviendas individuales de producción estatal en el consumo de energía para climatizarlas en ciudades del NEA.

2. Metodología

Se analizaron cinco casos tipológicos de viviendas individuales de producción habitacional estatal y de uso masivo en las ciudades de Resistencia, Corrientes, Posadas y Formosa a partir del año 2004. Dichas viviendas se implantan en baja densidad en zonas periurbanas, en planta baja, y en muy pocos casos en dúplex, apareadas o bien entre medianeras, y

¹ Fenómeno urbano de acumulación de calor en determinadas zonas más que en otras, por efecto de la densidad de las edificaciones y la aglomeración que tiene lugar en las áreas metropolitanas, por la concentración de materiales que emiten mucha energía térmica al estar expuestos a la temperatura exterior, al asoleamiento, etc., o por la falta de elementos moderadores de la temperatura, como vegetación, arboledas, etc.

constituyen grupos pequeños de entre 20 y 100 unidades (de 45 a 50 m² cubiertos, cada una) en los que coexisten dos o tres prototipos similares. Su materialidad está dada por techos metálicos, muros exteriores de ladrillos cerámicos huecos (de 12 a 18 cm.) o de ladrillos comunes macizos (de 12 cm.) y por carpinterías de madera o de perfiles de chapa.

Se realizaron: evaluaciones tradicionales² de desempeño higrotérmico y consumo de energía para climatización (refrigeración y calefacción) de las viviendas, que fueron complementadas por 100 encuestas a habitantes de las cinco viviendas – caso y monitoreos (térmicos y ocupacionales). Se configuró así un diagnóstico de situación y se identificaron variables significativas incidentes en el desempeño, así como sus porcentajes generales de impacto en el consumo. Dichas variables se agruparon en tres dimensiones (figura 1): *entorno*, *diseño arquitectónico* de la vivienda, y *uso* de sus habitantes. Las variables definidas en cada dimensión, que inciden en las vías a través de las cuales se producen las ganancias y pérdidas de energía, son:

a) En la *dimensión del entorno* (figura 2 y tablas 1a y 1b): 1) *Centro urbano* al que pertenece la vivienda; 2) *Densidad del área de implantación* (según la vivienda se inserte en un área urbana o suburbana); 3) *Tipo de superficies de veredas, calles adyacentes y espacios libres* (según exista predominio de superficies pavimentadas o de tierra y/o con cobertura vegetal); 4) *Presencia de arbolado* en el espacio libre exterior inmediato a las viviendas (según se verifique su presencia media – alta, o bien escasa o nula); 5) *Tipo de implantación* de la vivienda en el lote y vínculo con viviendas contiguas.

b) En la *dimensión del diseño arquitectónico*, las variables se refieren a los aspectos físicos, constructivos, espaciales, formales y funcionales de la vivienda: 1) *Orientación* del eje fachada / contrafachada; 2) *Porcentaje* de vidriados; 3) *Protecciones solares* a muros, vidriados y techos; 4) *Aislación térmica*; 5) *Inercia térmica*; 6) *Compacidad del partido*; 7) *Posibilidad de ventilación natural*.

c) En la *dimensión del uso*, las variables se asocian a pautas de apropiación y preferencias de las personas que habitan la vivienda: 1) *Uso de la ventilación selectiva*; 2) *Gestión de la climatización electromecánica*; 3) *Intensidad del uso cotidiano*; 4) *Otra gestión y control*.

Mediante los métodos tradicionales de evaluación energética, con un ajuste razonable entre los diferentes procedimientos aplicados, se definió el porcentual relativo de incidencia de cada dimensión en el consumo de energía para climatización: 10% de la dimensión del entorno, 30% del diseño arquitectónico y 60% del uso, en función de los porcentajes de energía obtenidos (figura 1) para cada vía de aporte (teniendo en cuenta qué dimensión/es y sus

² La evaluación comprendió: a) *Métodos estacionarios*: balances térmicos de las cinco viviendas-caso según norma IRAM 11659-2 (IRAM, 2007), para determinar la carga térmica de refrigeración; b) *Métodos cuasiestacionarios*: determinación de las *Prestaciones Energéticas* de las cinco viviendas-caso, según norma IRAM 11900 (IRAM, 2017); c) *Métodos dinámicos*: simulaciones de las cinco viviendas-caso mediante el programa *Energy Plus*, versión 8.4 (DOE, 2016), realizando el diseño de cada modelo a simular mediante *Google Sketch Up* y *Open Studio* (NREL, 2015). El ajuste de los modelos se realizó a partir de los resultados de los monitoreos realizados (Alías, 2020), obteniéndose un ajuste aceptable entre temperaturas medidas y simuladas.



respectivas variables incide/n en cada tipo de aporte). También se definió la incidencia de cada variable en el sistema total. Se determinó un *desempeño general de referencia*, asociado un consumo de 270 kWh/m² año para refrigeración y 84 kWh/m² año para calefacción, configurando un diagnóstico de la situación habitual construida.

Figura 1: Incidencia de cada tipo de aporte y de cada dimensión en el consumo de energía para climatización.

Peso porcentual de las dimensiones en el consumo de energía para climatización en las viviendas analizadas				Aporte			
DIMENSIONES Y SU INCIDENCIA EN LOS TIPOS DE APORTE O VÍAS DE LAS CARGAS TÉRMICAS		A. DEL DISEÑO URBANO DEL ENTORNO	B. DEL DISEÑO ARQUITECT. DE LA VIVIENDA	C. DE LA MODALIDAD DE USO Y GESTIÓN	% de Ganancias de energía que se necesita extraer mediante refrigeración	% de Pérdidas de energía que se necesita aportar mediante calefacción (1/5 de la energía anual de refrig.)	
APORTES EXTERNOS	SUP. OPACAS (radiación indirecta + conducción)	●	●	●	30 a 68 %	60 a 70 %	70 a 89 %
	SUP. VIDRIADAS (radiación directa)	●	●	●	3 a 15 %	1 %	
	VENTILACIÓN	●	●	●	30 a 44 %	16 a 24 %	
APORTES INTERNOS	PERSONAS			●	4 a 6 %	1 %	11 a 20 %
	EQUIPOS y APARATOS - LUCES			●	7 a 18 %		
% de incidencia en carga total de climatización		10%	30%	60%	100%		

Fuente: elaboración propia.

Así se estableció la situación de las viviendas – caso según las dimensiones definidas (y sus variables) y se definió una *referencia* que representa a lo habitualmente realizado en materia de vivienda urbana de gestión estatal y sus usos en la zona muy cálida y húmeda del NEA.

Para cada *variable* (de cada una de las tres dimensiones) se definió un conjunto de *indicadores*³ o *estados* en que cada una de las variables puede encontrarse (la figura 2 muestra los indicadores definidos para variables del entorno), tanto en la *situación de referencia* como en *otras situaciones posibles*.

Cada estado posible de cada variable se ponderó, según su grado de acercamiento al estado de *referencia* (o habitual), mediante simulaciones dinámicas de las viviendas-caso en cada uno de dichos estados, obteniéndose los desempeños y consumos de energía para climatizar en cada uno. Así, el valor del *estado* de cada variable se expresó como un porcentual de aumento (valor positivo) o disminución (valor negativo) del consumo de energía para climatización respecto al valor de dicho estado en la *referencia* (el 100%).

Mediante esta ponderación quedó definida la importancia proporcional de cada variable dentro de su dimensión (figura 2, filas inferiores), según su impacto en el consumo total de energía

³ Cada indicador se propuso por considerarse la vía más significativa, simple y pertinente para la caracterización y ponderación de la variable a la que corresponde, según la experiencia acumulada y la revisión del estado del arte.






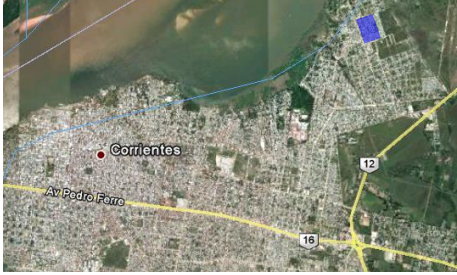




para climatizar las viviendas. Se priorizó la comprensión general del aporte e interacción de cada variable en el contexto de la dimensión a la que pertenece, más que la precisión cuantitativa, para analizar su incidencia en la demanda de energía para acondicionamiento térmico. En este artículo se enfoca la atención en variables del entorno.

Figura 2: Variables de la dimensión del entorno y estados en que ellas pueden encontrarse en una vivienda de producción estatal, tanto en la vivienda de referencia (amarillo), como en otras situaciones posibles.

DIMENSION	A. DEL DISEÑO URBANO DEL ENTORNO												
VARIABLES y subvariables	A.1				A.2		A.3			A.4		A.5	
	Centro urbano (y localidades aledañas asimilables según proximidad, por latitud y similar altura SNM)				Densidad urbana % de sup. ocupada del lote (en un radio de 1km de la viv.)		Tipo de superficies de veredas, calles adyacentes y espacios libres			Arbolado en espacio exterior inmediato		Implantac. en lote y vínculo con viviendas contiguas	
INDICADORES	Formosa (y cercanas a 26,2° lat. S y 60 m. SNM)	Resistencia (y cercanas a 27,45° lat. S y 52 m. SNM)	Corrientes (y cercanas a 27,45° lat. S y 62 m. SNM)	Posadas (y cercanas a 27,37° lat. S y 125 m. SNM)	Baja	Media y Alta	Mix pasto / pavimento	Predominio pavimentos	Predominio tierra/pasto	Escaso o nulo	Medio y alto	Apareada	Entre medianeras
	FOS hasta 30 % sup lote (áreas suburbanas en gral.)	FOS mayor de 30 % sup. lote (áreas urbanas en gral.)	50% de superficies de cada tipo	60 a 100% de superficies pavimentadas	60 a 100% de superficies con tierra o pasto	Hasta 1 árbol maduro cada 4 lotes (o vereda en ancho 4 m)	Hasta 2 árboles maduros x lote (o vereda en ancho lote)	1 lado medianero y 3 lados libres	2 lados medianeros y 2 lados libres				
VALORACIONES:	ESTADOS O VALORES POSIBLES DE LOS INDICADORES												
REFRIGERACIÓN: % de variación del consumo (respecto a la referencia)	18,0	0,0	-4,1	3,2	0,0	2,2	0,0	2,2	-2,0	0,0	-2,2	0,0	-2,6
CALEFACCIÓN: % de variación del consumo (respecto a la referencia)	-31,8	0,0	-14,6	-38,2	0,0	-2,3	0,0	-2,3	2,2	0,0	0,0	0,0	-2,9
REFRIGERACIÓN: promedio porcentual de variación del consumo	5,7				2,2		0,1			-2,2		-2,6	
CALEFACCIÓN: promedio porcentual de variación del consumo	-28,2				-2,3		0,0			0,0		-2,9	
ORDEN DE IMPORTANCIA DE CADA VARIABLE, DENTRO DE SU DIMENSIÓN	1º lugar		-11,3		4º lugar	-0,05	4º lugar		0	3º lugar	-1,1	2º lugar	-2,75
Incidencia de cada variable dentro de su dimensión	4				1,25		1,25			1,5		2	
Vivienda de referencia	Centro urbano (%)				Densidad urbana (%)		Tipo de sup. áreas libres (%)			Arbolado (%)		Implantac. en lote (%)	
Incidencia de la dimensión en el consumo total de energía	10%												

Fuente: Alías (2020).

Tabla 1a: Situaciones del entorno de implantación incidentes en las condiciones ambientales interiores.

Densidad área implantación	Implantación en zona suburbana o perirurbana	Implantación en zona urbana más densa
		
	En periferia SE ciudad de Posadas.	En zona urbana NE ciudad de Resistencia.
		
	En periferia NO ciudad de Resistencia.	En zona urbana NE ciudad de Corrientes.
Tipo de superficies de veredas, calles adyacentes y espacios libres	Predominio de superficies pavimentadas y Mistura pavimentos / pasto	Predominio de superficies de tierra y/o con cobertura vegetal
		
	Implantación en entorno con mistura pavimentos / pasto, Norte de Resistencia.	Implantación zonas entorno lagunas y meandros, NE ciudad de Resistencia.
		
	Implantación en entorno con pavimentos, SE ciudad de Corrientes.	Implantación sobre calles de tierra, Sur ciudad de Corrientes.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1b: Situaciones del entorno de implantación incidentes en las condiciones ambientales interiores.

Presencia de arbolado en el espacio exterior inmediato a las viviendas	Presencia escasa o nula de arbolado	Presencia media – alta de arbolado
	 <p>Escaso arbolado en barrio viviendas, SE ciudad de Resistencia.</p>	 <p>Presencia media de arbolado en barrio viviendas, SE ciudad de Corrientes.</p>
	 <p>Nulo arbolado en barrio viviendas, SE ciudad de Resistencia.</p>	 <p>Presencia media de arbolado en barrio viviendas, Oeste ciudad de Posadas.</p>
	Apareada	Entre medianeras
Tipo de implantación en lote	 <p>Implantación apareada viviendas en B° Independencia, Sur ciudad de Corrientes.</p>	 <p>Implantación entre medianeras viviendas, SO ciudad de Resistencia.</p>
	 <p>Implantación apareada viviendas en B° Nueva Formosa, SO ciudad de Formosa.</p>	 <p>Implantación entre medianeras viviendas NE ciudad de Corrientes.</p>

Fuente: elaboración propia.

2.1 Consideración de algunas variables del entorno de implantación

Se propone una evaluación regional para climatización de viviendas de gestión estatal que integre y pondere, mínimamente, las variables del entorno de viviendas urbanas de producción estatal (figura 2 y tablas 1a y 1b).

Para realizar algunas comparaciones que amplíen conocimientos sobre la incidencia de las mencionadas variables del entorno, se realizaron simulaciones de las viviendas mediante el programa *Energy Plus* (DOE, 2017), modificando las condiciones de los modelos de cada vivienda-caso en cuanto a dichas variables. Este proceso se expone a continuación. Cabe resaltar que los resultados obtenidos constituyen aproximaciones al fenómeno, útiles para valorar en forma general los efectos de ciertos factores del entorno sobre las viviendas.

El puntaje proporcional (o importancia) de cada variable dentro de la dimensión *del entorno* se determinó considerando (y promediando) los porcentajes de variación del consumo (respecto a la referencia) obtenidos para los estados o valores de cada uno de los indicadores que definen dicha variable (figura 2, filas inferiores). Cuanto mayor resulta este promedio porcentual de variación del consumo, más significativa es la incidencia de la variable a la que el mismo corresponde (y mayor es el puntaje asignado a esa variable). Si bien este promedio porcentual de variación del consumo se realizó en forma diferenciada, por un lado para la situación de refrigeración y por el otro para la de calefacción, se asignó prioridad al valor logrado para refrigeración.

3. Resultados y discusión

Así, y considerando las tres dimensiones, se definieron como variables principales aquéllas referidas a la dimensión del uso (*Gestión de la climatización electromecánica y Ventilación selectiva*) seguidas por algunas del diseño arquitectónico (*Protección solar y Aislación térmica de la envolvente*). Pese a revestir menor importancia comparativa frente a las variables del uso y del diseño arquitectónico, las variables referidas al *entorno* de implantación inciden en el consumo de energía para climatización de las viviendas. Se expone a continuación el proceso de asignación de valor a los indicadores de algunas de las variables del entorno y sus resultados principales:

3.1 Densidad del área de implantación

Esta variable depende de si la vivienda corresponde a un *área urbana* o a un *área suburbana*. Entre ambas, además del grado de consolidación de las infraestructuras (que es mayor en las áreas urbanas), existen diferencias de *densidad de la edificación*: las mayores densidades, que se consideran determinadas a partir del factor de ocupación del suelo (FOS) y del factor de ocupación total (FOT)⁴, corresponden a las áreas urbanas. Pero las viviendas consideradas

⁴ Ambos factores regulan la densidad de la edificación en las distintas áreas de las ciudades y están regulados por los Códigos de Planeamiento de cada ciudad, según la zona de que se trate y su perfil general. El FOS. es el porcentaje máximo del terreno que se puede ocupar con edificación en planta baja. El FOT. es la relación del total

corresponden, en general, a áreas suburbanas o periféricas urbanas, basadas en un modelo de baja densidad (FOS de hasta 30%), en los cuatro centros urbanos analizados.

Se realizaron simulaciones (mediante *Energy Plus*) para las cinco viviendas – caso, en las dos situaciones: *suburbana*⁵ (que constituye la situación real de estas viviendas) y *urbana*. Las situaciones de implantación urbana representaron, respecto a las implantaciones suburbanas, los siguientes desempeños:

- Un aumento en la energía necesaria por hora de refrigeración del 0,4 al 1,2% (tabla 2a) y en la energía anual para refrigeración del 1,6 al 3,3% (tabla 2b).
- Una disminución en la energía necesaria por hora de calefacción del 0,5% promedio (tabla 2a) y en la energía anual para calefacción del 1,5 al 3% (tabla 2b). Si se tiene en cuenta que el consumo anual para calefacción (figura 3) representa 1/4 a 1/5 del consumo anual para refrigeración, resulta conveniente priorizar el desempeño en refrigeración.

Tabla 2a: Energía por hora de climatización en viviendas – caso en distintas situaciones del entorno (para implantación en Resistencia), según simulaciones con *Energy Plus*.

ENERGÍA CONSUMIDA POR HORA PARA CLIMATIZACIÓN (día pico)		PORCENTAJES DE REDUCCIÓN O DE AUMENTO DE LA ENERGÍA HORARIA p/ CLIMATIZAR, RESPECTO A LA SITUACIÓN HABITUAL			
		100% ó SITUACIÓN HABITUAL			
		Todo AA zona suburbana (situación real), en Wh	Todo AA zona urbana densa (%)	Todo AA c/ árbolado en fachada y contrafachada (%)	Todo AA c/ sup. libres ext. c/ pasto (%)
Vivienda U1	Refrigeración	20386,3	1,0	-1,1	-1,1
Promhib	Calefacción	10341,7	-0,6	1,0	0,6
Vivienda U2	Refrigeración	19413,2	1,2	-1,0	-1,0
LP2	Calefacción	9471,9	-0,5	-0,2	0,6
Vivienda U3	Refrigeración	18138,1	0,4	-0,5	-0,4
PT 42	Calefacción	9584,8	-0,4	0,0	0,5
Vivienda U4	Refrigeración	19058,9	0,6	-1,3	-0,5
MBI Dx	Calefacción	9831,8	-0,5	0,2	0,5
Vivienda U5	Refrigeración	24085,6	0,5	-0,8	-0,5
PT 60	Calefacción	10416,3	-0,5	0,5	0,6

Fuente: elaboración propia según simulaciones con *Energy Plus*.

de la superficie construida y la superficie total del terreno. Habitualmente para las zonas residenciales el FOS exigido no supera el 30%.

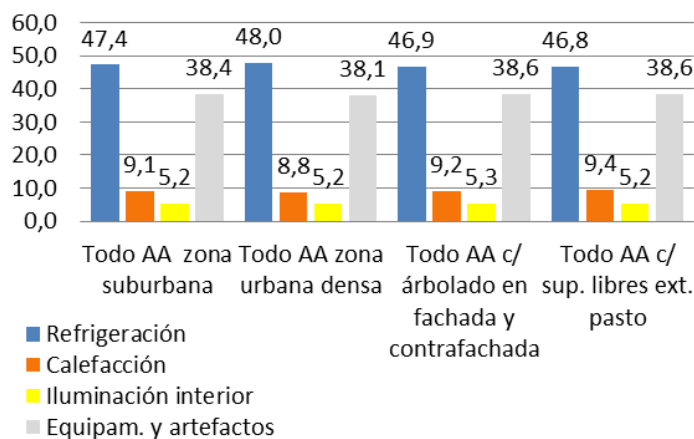
⁵ El programa *Energy Plus*, por defecto, opera con una implantación suburbana, dando la posibilidad de introducir cambios de tal situación desde el *IDF Editor*.

Tabla 2b: Energía anual de climatización en viviendas – caso en distintas situaciones del entorno (para implantación en Resistencia), según simulaciones con *Energy Plus*.

ENERGÍA ANUAL CONSUMIDA POR m ² PARA CLIMATIZACIÓN		PORCENTAJES DE REDUCCIÓN O DE AUMENTO DE LA ENERGÍA ANUAL POR UNIDAD DE SUP. p/ CLIMATIZAR, RESPECTO A LA SITUACIÓN HABITUAL			
		100% ó SITUACIÓN HABITUAL Todo AA zona suburbana (situación real), en kWh/m2 año	Todo AA zona urbana densa (%)	Todo AA c/ árbolado en fachada y contrafachada (%)	Todo AA c/ sup. libres ext. c/ pasto (%)
Vivienda U1	Refrigeración	552,5	3,3	-2,3	-3,0
Promhib	Calefacción	112,3	-2,5	1,9	2,4
Vivienda U2	Refrigeración	395,3	1,9	-1,6	-1,7
LP2	Calefacción	75,6	-2,7	1,1	2,7
Vivienda U3	Refrigeración	464,1	1,6	-1,9	-1,4
PT 42	Calefacción	101,3	-1,5	1,2	1,5
Vivienda U4	Refrigeración	525,8	2,6	-4,0	-2,2
MBI Dx	Calefacción	104,0	-3,0	1,8	2,6
Vivienda U5	Refrigeración	516,5	1,6	-1,4	-1,4
PT 60	Calefacción	68,6	-1,8	1,2	1,8

Fuente: elaboración propia según simulaciones con Energy Plus.

Figura 3: Porcentajes de uso de energía por rubro en la vivienda U2, para distintas situaciones de entorno, según simulaciones.



Fuente: elaboración propia según simulaciones con Energy Plus.

En función de la referencia definida (consumo para climatización correspondiente a la implantación de las viviendas en áreas suburbanas) se determinaron valores porcentuales de consumo para las implantaciones en *áreas urbanas más densas*. Estos valores porcentuales,

de aumento o disminución del consumo respecto a la referencia (o el 100% considerado) se exponen en la tabla 3.

Tabla 3: Tendencias porcentuales promedio de las cargas de climatización (anuales por unidad de superficie) de las viviendas - caso, según densidad del área de implantación, respecto a las obtenidas para densidad baja.

DENSIDAD	Baja (suburbana: FOS hasta 30% sup. lote) REFERENCIA	Media a alta (urbana: FOS mayor de 30% sup. lote)
Refrigeración	100%	102,20 % (2,20 %)
Calefacción	100%	97,70 % (-2,30 %)

Fuente: elaboración propia según simulaciones con Energy Plus.

3.2. Tipo de superficies de veredas, calles adyacentes y espacios libres

Se han detectado y tipificado tres tipos de situaciones generales en este sentido:

- El *predominio de superficies pavimentadas*. Por *predominio* se entiende la cobertura aproximada de más de la mitad de las superficies de suelos de espacios libres exteriores, públicos o privados, del lote o sus adyacencias. Esta situación se verificó en las zonas urbanas densas y más consolidadas de las ciudades analizadas.
- El *predominio casi exclusivo de superficies de tierra y/o con cobertura vegetal*.
- Una *situación intermedia de mistura*, que se verificó en las zonas suburbanas, donde se implantan la casi totalidad de las viviendas analizadas (situación habitual).

Se simularon las situaciones de *predominio de superficies exteriores de tierra y/o con cobertura vegetal*, teniendo en cuenta que la situación usada para la contrastación o referencia fue la simulada inicialmente como “zona suburbana” (asimilada a situación intermedia de *mistura de superficies pavimentadas y superficies de tierra*).

Las situaciones con *predominio de superficies de tierra y/o con cobertura vegetal* simuladas determinaron lo siguiente:

- a) Una disminución de la energía horaria de refrigeración del 0,4 al 1,1% (tabla 2a) y de la energía anual para refrigeración del 1,4 al 3% (tabla 2b), respecto a aquéllas situaciones de *mistura de superficies pavimentadas con superficies de tierra* (o con cobertura vegetal) y también una disminución respecto a las situaciones de *predominio de pavimentos*.
- b) Un aumento de la energía horaria de calefacción del 0,5% promedio (tabla 2a) y de la energía anual para calefacción del 1,5 al 2,7% (tabla 2b) respecto a las situaciones de *mistura de superficies pavimentadas con superficies de tierra*.

En función de la referencia definida (consumo para climatización en sectores con *mistura de superficies pavimentadas y de superficies con cobertura vegetal*) se determinaron valores porcentuales de consumo para las otras dos posibilidades: *predominio de superficies pavimentadas*, o *predominio de superficies de tierra*. Estos valores porcentuales, de aumento

o disminución del consumo respecto a la referencia (o el 100% considerado) se exponen en la tabla 4.

Tabla 4: Tendencias porcentuales promedio de las cargas de climatización (anuales por unidad de superficie) de las viviendas - caso, según el tipo de superficies de espacios libres, respecto a las obtenidas para la referencia.

SUPERFICIES DE VEREDAS, CALLES Y ESPACIOS LIBRES	Mix pavimento / pasto REFERENCIA	Predominio pavimentos (60 a 100% de sup. pavimentadas)	Predominio tierra / pasto (60 a 100% de sup. con tierra o pasto)
Refrigeración	100%	102,20 % (2,20 %)	98 % (-2 %)
Calefacción	100%	97,70 % (-2,30 %)	102,20 % (2,20 %)

Fuente: elaboración propia según simulaciones con Energy Plus.

3.3. Presencia de arbolado en el espacio exterior inmediato

Se han detectado y tipificado dos tipos de situaciones generales en este sentido:

- La *presencia media - alta del arbolado*, representada por hasta dos árboles maduros (o de porte mediano) dentro del lote, o bien en la vereda, en el ancho de cada lote.
- La *presencia escasa o nula del arbolado*, representada por hasta un árbol maduro dentro del lote, o bien en la vereda, en el ancho de cada lote.

Con el objetivo de ponderar de modo general el efecto del arbolado en épocas cálidas (que protege de la radiación solar), se realizaron simulaciones de las viviendas, considerando situaciones de *presencia media – alta del arbolado* en cada lote. Ello se tipificó a través de un árbol de porte mediano (3 a 4 m. de ancho de copa, de hojas perennes) ubicado en el frente del lote, y de otro árbol igual en la parte trasera. La situación que se usó para la contrastación fue la simulada con *presencia escasa o nula de arbolado*. Los resultados de las simulaciones de las situaciones con *presencia media - alta de arbolado* determinaron lo siguiente:

- a) Una disminución de la energía horaria de refrigeración del 0,5 al 1,1% (tabla 2a) y de la energía anual para refrigeración del 1,4 al 4% (tabla 2b) respecto a aquéllas con presencia escasa o nula de arbolado.
- b) Un aumento general de la energía horaria de calefacción del hasta el 1% promedio (tabla 2a) y de la energía anual para calefacción del 1,1 al 1,9% (tabla 2b).
- c) Si se tratara de especies de hojas caducas, que no arrojan sombras en épocas frías, la energía necesaria para calefacción sería la misma que la obtenida para las situaciones reales (presencia escasa o nula de arbolado). Si se tratara de especies de hojas perennes, generan una reducción en las cargas de refrigeración, pero a la vez producen un aumento de las cargas de calefacción (al sombrear superficies de la envolvente en épocas frías evitan la ganancia solar beneficiosa).

En función de la referencia definida (consumo para climatización correspondiente a las viviendas en áreas con presencia escasa o nula de arbolado) se determinaron valores porcentuales de consumo para las implantaciones en áreas con *presencia media – alta del*

arbolado. Estos valores de aumento o disminución del consumo respecto a la referencia (o el 100% considerado) se exponen en la tabla 5.

Tabla 5: Tendencias porcentuales promedio de las cargas de climatización (anuales por unidad de superficie) de las viviendas - caso, según presencia de arbolado, respecto a las obtenidas para la referencia.

ARBOLADO	REFERENCIA	
	Escaso o nulo (hasta 1 árbol maduro cada 4 lotes -o en vereda, en el ancho de 4 lotes-)	Medio a alto (hasta 2 árboles maduros por lote -o en vereda, en ancho del lote-)
Refrigeración	100%	97,80 % (-2,20 %)
Calefacción	Hojas perennes	-
	Hojas caducas	100%

Fuente: elaboración propia según simulaciones con Energy Plus.

3.4. Implantación en el lote y vínculo con viviendas contiguas

Esta variable se define en función de la implantación y del vínculo de la vivienda que se evalúa con las viviendas contiguas, es decir, según la vivienda se implante *apareada* o *entre medianeras* (la situación de vivienda *aislada* no fue considerada, ya que no se detectó su planteo habitual).

- *Implantación apareada* (1 lado medianero y 3 lados libres): Corresponde a la referencia del consumo para climatización (situación mayoritaria de las viviendas - caso).
- *Implantación entre medianeras* (2 lados medianeros y 2 lados libres): Corresponde a la situación ficticia de las viviendas – caso.

Tomando como referencia a la situación apareada, se realizó la consideración ficticia (mediante simulaciones) de todas las viviendas - caso en la situación entre medianeras. Los resultados se exponen en la tabla 6 y demuestran ventajas energéticas en el planteo *entre medianeras* (menor consumo de energía promedio respecto a la referencia).

Tabla 6: Tendencias porcentuales promedio de las cargas de climatización (anuales por unidad de superficie) de las viviendas - caso con implantación entre medianeras, respecto a las obtenidas para implantación apareada.

IMPLANTACIÓN EN EL LOTE	Apareada REFERENCIA	Entre medianeras
Refrigeración	100%	97,40 % (-2,60 %)
Calefacción	100%	97,10 % (-2,90 %)

Fuente: elaboración propia según simulaciones con Energy Plus.

4. Conclusiones preliminares

Pese a revestir menor importancia comparativa frente a variables, tanto de la *dimensión del uso* como de la dimensión del *diseño arquitectónico* de las viviendas, las variables referidas a la *dimensión del entorno* impactan en el consumo de energía para climatización de las viviendas y deben ser especialmente tenidas en cuenta, no solamente por su aporte a la necesaria eficiencia energética y a la generación de condiciones que pueden favorecer el

acondicionamiento ambiental térmico, sino también por su aporte perceptual y a la calidad de vida del hábitat.

Dentro de la *dimensión del entorno*, los análisis efectuados demostraron que, además de la fuerte incidencia que tiene asociada la implantación en un determinado centro urbano (con condiciones geográficas precisas, lo que además constituye una decisión que excede la esfera de urbanistas, planificadores y proyectistas), tienen especial importancia, en orden decreciente, las siguientes variables: 1) la implantación de la vivienda en el lote (y su vínculo con viviendas contiguas); 2) la presencia de arbolado en el espacio exterior inmediato a la vivienda; 3) la densidad urbana y 4) el tipo de superficies de áreas libres (de veredas, calles adyacentes y espacios libres). Cabe destacar que los puntajes asignados a las variables resultan una estimación global, sin pretensiones de precisión numérica absoluta. Líneas de indagación a desarrollar la constituyen, por un lado, la referida a los efectos de la presencia de cuerpos de agua en proximidades de las viviendas, y por otro lado, la ampliación de monitoreos higrotérmicos en los entornos según las variables analizadas.

Los resultados definen una primera aproximación a un modelo metodológico interpretativo regional de evaluación de eficiencia energético-ambiental de viviendas de producción estatal, que podría tener impacto conceptual para mejorar variables de diseño, tanto del entorno como arquitectónico de la vivienda, así como para mejorar variables de uso.

Referencias:

ALÍAS, H. M.. **Eficiencia energética para climatización de viviendas de producción estatal del nordeste argentino: modelo metodológico para su evaluación integral y calificación en el clima muy cálido – húmedo**. Tesis Doctoral inédita, Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, 2020.

ALÍAS, H. M. y JACOBO, G. J. El uso de la energía como categoría de análisis para la construcción de indicadores de “calidad urbano-habitacional”: el sector de la vivienda de producción estatal. **XI Congreso Regional de Tecnología de la Arquitectura (CRETA)**. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño, Universidad Nacional de Mar del Plata, agosto 2019. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/71122?show=full>

CZAJKOWSKI, J. D. y GÓMEZ, A. F., comps. **Cuadernos de Arquitectura Sustentable: Artículos Seleccionados, 2011**. La Plata: Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2011. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/40654>

DEPARTMENT OF ENERGY [DOE]. **EnergyPlus Energy Simulation Software** (Versión 8.4). U.S., 2017. Disponible en: <https://energyplus.net/downloads>

FERNÁNDEZ, R. (coord.). **Transición Energética 2050. Hacia una visión compartida de la transición energética argentina al 2050: propuesta de objetivos y metas**. (Edición: J. Dumas y D. Ryan). Buenos Aires: Centro de Estudios de la Actividad Regulatoria Energética

(UBA), Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 2019. Disponible en: https://www.ceare.org/investigaciones/inv2019_2.pdf

FERREYRA, Mariana y CZAJKOWSKI, Jorge. Propuesta de análisis de eficiencia energética e impacto ambiental de la vivienda pública. **Acta de la XLII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente**. 2019, vol. 7, pp. 01.69–01.74. Disponible en: <http://www.exporenovables.com.ar/2019/descargas/actas/tema1/2574.pdf>

INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN [IRAM]. **Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina**. (Nº de publicación IRAM 11603). Argentina: autor, 2012.

IRAM. **Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas**. (Nº de publicación IRAM 11659-2). Argentina: autor, 2007.

IRAM (2017). **Prestaciones energéticas en viviendas. Método de cálculo**. (Nº de publicación IRAM 11900. Segunda edición, reemplaza a la primera, del año 2010). Argentina: autor, 2017.

MINISTERIO DE HACIENDA, Presidencia de la Nación. **Balances Energéticos Nacionales**. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos-0>

NATIONAL LABORATORY OF THE U.S. DEPARTMENT OF ENERGY [NREL] (2015). **Open Studio** (Version 1.10). U.S., 2015. Disponible en: <https://www.openstudio.net/node/2136>

SOLÀ-MORALES i RUBIÓ, M. de. **Las formas de crecimiento urbano**. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona: Edicions UPC, 1997.

TUMINI, I. y PÉREZ FARGALLO, A. Aplicación de los sistemas adaptativos para la evaluación del confort térmico en espacios abiertos en Madrid. **Revista Hábitat Sustentable**. 5 (2), diciembre 2015. p. 57-67. Disponible en: <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RHS/article/view/1933>